1978 ISSN 0017 – 4939

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG
Hannover · Dortmund · Darmstadt · Berlin

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Braunschweig

Printed in Germany

H 6661 F

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift für Kybernetische Pädagogik und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense
Gerhard Eichhorn
und Helmar Frank

Band 19 · Heft 2
Juni 1978
Kurztitel: GrKG 19/2

INHALT

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft", die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren*, und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen*, einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Manuskriptsendungen gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung:

Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer
(Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik
Heiersmauer 71, D-4790 Paderborn
Tel.: (0 52 51) 3 20 23 u. 2 14 56

Die GrKG erscheinen in der Regel mit einer Knapptextbeilage in Internationaler Sprache mit dem Titel „Homo kaj Informo".

Anzeigenverwaltung und Vertrieb: Hermann Schroedel Verlag KG, Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je ca. 36 Seiten.
Preis: Einzelheft DM 9,–, Jahresabonnement DM 32,–.
Jeweils zuzüglich Versandspesen. Alle Preise enthalten 6 % MWSt.

Abbestellungen von Jahresabonnements nur bis einen Monat vor Jahresende.

Zur Deduktion der Lernzeitformel aus dem diskreten Alzudi-Modell

von Rainer HILGERS, Paderborn
aus dem FEOLL-Institut für kybernetische Pädagogik (Direktor: o.Prof. Dr. H. Frank)

1. *Lernerfolgskurven und das Alzudi-Modell*

Innerhalb der Lernpsychologie wird die Abhängigkeit eines wie auch immer quantifizierten Lernerfolgs y von einem (z.B. durch Lernzeit oder Zahl wiederholter Lernanlässe meßbaren) Lernaufwand x untersucht. Das Ergebnis kann eine empirisch ermittelte oder aus einem Lernmodell deduzierte Lernkurve $y = f(x)$ sein, wobei y und x in der Regel skalare Größen (Prozentsatz richtiger Antworten im Schlußtest, Lernzeit) sind und f von weiteren Parametern (Alter der Schüler etc.) abhängen darf. Didaktik und Lehrplanung fragen als verfahrenswissenschaftliche Disziplinen (Frank, 1973) nach Methoden, wie die Ursachen manipuliert werden müssen, damit das Ergebnis einem vorgegebenen Sollwert entspricht. Wenn also ein bestimmter Lernerfolg $!y$ gefordert wird, soll der dafür nötige und ausreichende Aufwand x ermittelt werden. Dies ist unter den obigen Voraussetzungen offenbar unschwer durch Umkehrung der üblicherweise monotonen Funktion f möglich: $x = f^{-1}(!y)$. Die Gewinnung eines wirksamen pädagogischen *Verfahrens* – so wird es in der zitierten programmatischen Literatur dargestellt – stützt sich also einerseits auf *erfahrungswissenschaftlich* verankerte Modellvorstellungen, andererseits auf *formalwissenschaftlich* begründete (mathematische, logische) Umformungen.

In der vorliegenden Arbeit wird deutlich, daß der formalwissenschaftliche Beitrag zur Bildungstechnologie keineswegs trivial sein muß, wenn er eines der in der theoretischen Lernpsychologie verbreiteten probabilistischen Lernmodelle zum Gegenstand hat. Dies gilt also auch schon von dem in der kybernetischen Pädagogik häufig gebrauchten Alzudi-Lernmodell.

Das Alzudi-Modell ist ein ideales, einparametriges Markoffmodell für elementare Lernvorgänge. Ein bestimmtes Lehrstoffelement wird vom Adressaten mit der Wahrscheinlichkeit a vollständig gelernt, sobald es in irgendeiner Form (durch Angebot, Zuwendung oder Wahrung im Kurzspeicher) apperzipiert worden ist. Ein Vergessen findet nicht statt. (Die Vereinfachungen des Modells sind ausführlich beschrieben in Frank, 1972.) Rastert man den Zeitablauf nach der Zahl der Lernanlässe, so ist

(1) $$p_n = 1-(1-a)^n$$

die Wahrscheinlichkeit für einen Lernerfolg nach n Takten unter der Voraussetzung, daß der Adressat zu Beginn ohne Vorkenntnis war. Betrachtet man N gleichartige

Adressaten, die parallel unterrichtet worden sind, so ist die Zahl Z_n der Schüler, die nach n Schritten gelernt haben, binomial verteilt mit dem Parameter p_n:

$$(2) \qquad P_N(Z_n = i) = \binom{N}{i} p_n^i \, (1-p_n)^{N-i}$$

Bekanntlich ist $N \cdot p_n$ der Mittelwert dieser Verteilung. Daraus folgt

$$(3) \qquad p_n = E\left(\frac{Z_n}{N}\right).$$

Wir rechtfertigen damit also die in der Praxis vorherrschende Deutung von p_n als den erwarteten Anteil am Adressatenkollektiv, der nach einem Unterricht von n Takten eine Zustandsänderung erfahren hat.

2. *Problemstellung*

Probabilistischen Lernmodellen ist gemeinsam, daß sie keine eindeutige Zuordnung eines Lernerfolgs y zu einem Lernaufwand x zulassen, sondern nur eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über mögliche, durch x verursachte Lernerfolge, also ein Feld $Y = f^*(x)$ definieren. Für viele praktische Zwecke interessiert (und genügt) der Mittelwert $E(Y)$ des nun zur Zufallsgröße gewordenen Lernerfolgs y, womit wieder eine skalare Funktion den (nur noch probabilistisch erfaßten) Kausalzusammenhang beschreibt: $E(Y) = f(x)$. An vielen Stellen der kybernetisch orientierten Didaktik und Lehrplanungstheorie wird auch hier einfach nach x aufgelöst – sei es um die erforderliche Wiederholungszahl n bis zu einem vorgeschriebenen Erfolgsanteil p^{SOLL} zu ermitteln, sei es zur Bestimmung der erforderlichen Lernzeit t bis zu einem vorgeschriebenen Prozentsatz der Kompetenz. In (1) wird also $p_n = p^{SOLL}$ gesetzt und die aufzuwendende Unterrichtszeit als

$$(4) \qquad n = {}^{(1-a)}\log(1-p^{SOLL})$$

angegeben (z.B. Frank, 1976, 5.21).

Nun sind nichtlineare Funktionen im allgemeinen mit der Mittelwertbildung unvertauschbar. Das bedeutet, daß Gleichung (4) ungeeignet ist, um den Erwartungswert der zum Lehrziel p^{SOLL} führenden Zeit zu ermitteln. Dies wird in der Literatur bisweilen auch ausdrücklich erwähnt (z.B. Frank, 1976, II. 4.37), jedoch behilft man sich mit folgender Überlegung: „Trotzdem kann man so schließen: wenn man während der Zeit t lernt, erreicht man im Mittel das Ergebnis p_t." (Frank, a.a.O.). Man unterstellt also stillschweigend, daß das Lehrziel darin bestehe, „im Mittel" ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen, was zweifellos anfechtbar ist.

Ein besonders einfaches Beispiel vermag deutlich zu machen, worum es hier geht: Bei einem Wurf mit zwei unabhängigen, regelmäßigen Würfeln erhält man im Mittel 7 Augen. Wird aber verlangt, daß dieselbe Augenzahl 7 vom Spieler (durch Akkumulation) erreicht oder überschritten werden soll, dann genügt ein einziger Wurf offensichtlich nicht, da die Augensumme auch kleiner als 7 sein kann. Es ist in diesem Beispiel leicht möglich, die erforderliche mittlere Zahl von Würfen zu berechnen. Im ungünstigsten Fall (dreimal nacheinander die Kombination 1–1) ist das Experiment vierstufig. Die Wahrscheinlichkeit dieses Ausgangs ist $1/36^3 = 1/46\,656$. Betrachtet man alle 46 656 möglichen Ergebnisse von drei Würfen, so findet man, daß die Augenzahl 7 in 27 216 Fällen beim 1. Mal, in 18 900 Fällen beim 2. Mal und in 539 Fällen beim 3. Mal erreicht wird. Im Mittel sind also $(27\,216 + 2 \times 18\,900 + 3 \times 539 + 4)/46\,656 = 1{,}428$ Würfe zur Erfüllung der Aufgabe nötig. Dieses unganzzahlige Ergebnis deutet auf ein Verfahren nach Art einer „gemischten Strategie" der mathematischen Spieltheorie.

Im folgenden Beitrag wird gezeigt, daß der zu treibende Aufwand in Wirklichkeit größer als nach (4) berechnet ist, wenn bei N parallel unterrichteten Adressaten ein nicht zu hoher Lernerfolg angestrebt wird, jedoch kleiner im Falle von sehr hohen Sollwerten. Bei praktischen Anwendungen der bisherigen Rechnungsweise muß daher – zumindest bei kleineren Werten von N – ein Korrekturglied vorgesehen werden. Für dieses ist als praktisches Ergebnis der Arbeit in Bild 1 und Bild 2 die Größenordnung des relativen Fehlers bei Verwendung von Gleichung (4) angegeben.

3. *Bestimmung des mittleren Zeitbedarfs*

Es sei $i \in \{0, \ldots, N\}$ und $p^{SOLL} = i/N$.

Wir werden zwei Fragen zu klären haben:

(a) Wie groß ist der Erwartungswert $E_N(T_i)$ für die Nummer T_i des Takts, bei dem der i-te von N Adressaten „lernt"?

(b) Wie verhält sich $E_N(T_{p^{SOLL} \cdot N})$ für $N \to \infty$?

Wir werden die Verteilung von T_i aus einem Zusammenhang mit Z_n und aus Formel (2) herleiten. $Z_n \geqslant i$ bedeutet offenbar, daß der i-te Adressat seinen Zustand beim n-ten Angebot oder früher geändert hat, und auch die Umkehrung gilt. Also dürfen wir schreiben

$$(5) \qquad [Z_n \geqslant i] \Leftrightarrow [T_i \leqslant n].$$

Daraus folgt unmittelbar

$$(6) \qquad P_N(T_i=n) = P_N(T_i \leqslant n) - P_N(T_i \leqslant n-1)$$

$$\underset{(5)}{=} P_N(Z_i \geqslant i) - P_N(Z_{n-1} \geqslant i)$$

$$\underset{(2)}{=} \sum_{j=i}^{N} \binom{N}{j} p_n^j \, (1-p_n)^{N-j} - \sum_{j=i}^{N} \binom{N}{j} p_{n-1}{}^j (1-p_{n-1})^{N-j}$$

$$\underset{(1)}{=} \sum_{j=i}^{N} \binom{N}{j} [\sum_{l=o}^{j} \binom{j}{l} (-1)^l (1-a)^{n(l+N-j)} - \sum_{l=o}^{j} \binom{j}{l} (-1)^l (1-a)^{(n-1)(l+N-j)}]$$

$$= \sum_{j=i}^{N} \sum_{l=o}^{j} \binom{N}{j} \binom{j}{l} (-1)^l (1-a)^{n(N-j+l)} p_{j-N-l}$$

Die Bestimmung von $E_N(T_i) = \sum_{n \in \mathbb{N}} n P_N(T_i=n)$ aus (6) ist etwas mühsam. Auch hier führt eine Verwendung von Gleichung (5) rascher ans Ziel. Zu beachten ist, daß die Reihe $\sum_{\mathbb{N}} n P_N(Z_n < i)$ konvergiert.

$$(7) \qquad E_N(T_i) = \sum_{\mathbb{N}} n P_N(T_i = n)$$

$$\underset{(5)}{=} \sum_{\mathbb{N}} n \, [P_N(Z_n \geqslant i) - P_N(Z_{n-1} \geqslant i)]$$

$$= \sum_{\mathbb{N}} n \, [P_N(Z_{n-1} < i) - P_N(Z_n < i)]$$

$$= \sum_{\mathbb{N}_+} (n-1) P_N(Z_{n-1} < i) + \sum_{\mathbb{N}_+} P_N(Z_{n-1} < i) - \sum_{\mathbb{N}} n P_N(Z_n < i)$$

$$= \sum_{\mathbb{N}_+} P_N(Z_{n-1} < i)$$

$$= \sum_{\mathbb{N}} \sum_{j=o}^{i-1} \binom{N}{j} p_n^j (1-p_n)^{N-j}$$

Sei $x \in \mathbb{R}$. $X_{N,p}$ sei eine binominal auf $O, \ldots, N$ verteilte Zufallsgröße, p die Erfolgswahrscheinlichkeit beim Einzelversuch. Wir führen folgende, in der Wahrscheinlichkeitstheorie für Verteilungsfunktionen gebräuchliche Schreibweise ein:

$$(8) \qquad F_{N,p}(x) = P(X_{N,p} \leqslant x).$$

Aus (7) und (8) folgt direkt

$$(9) \qquad E_N(T_i) = \sum_{\mathbb{N}} F_{N,p_n}(i-1).$$

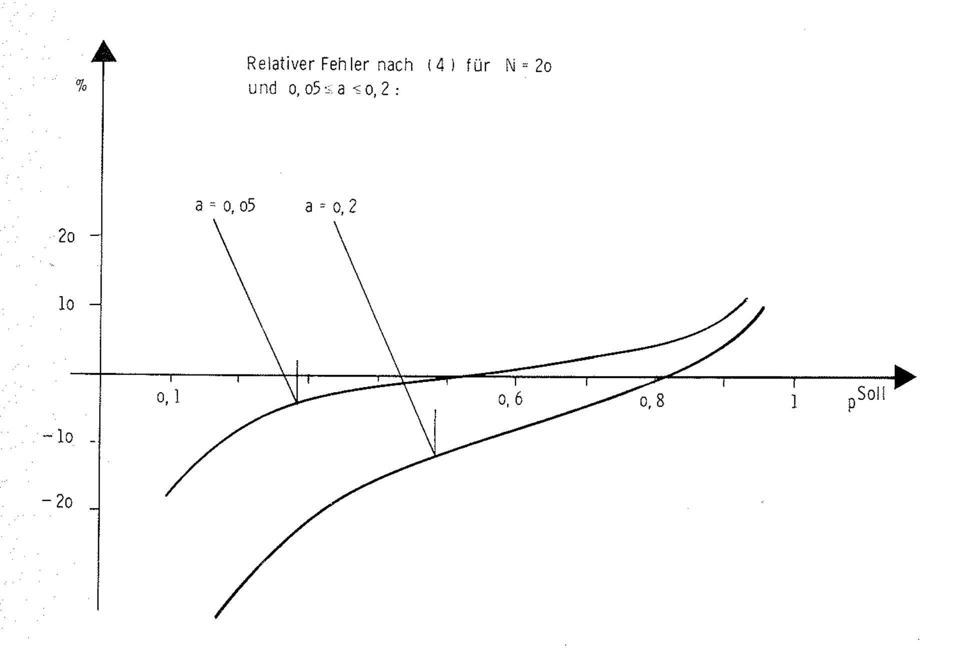


Bild 1

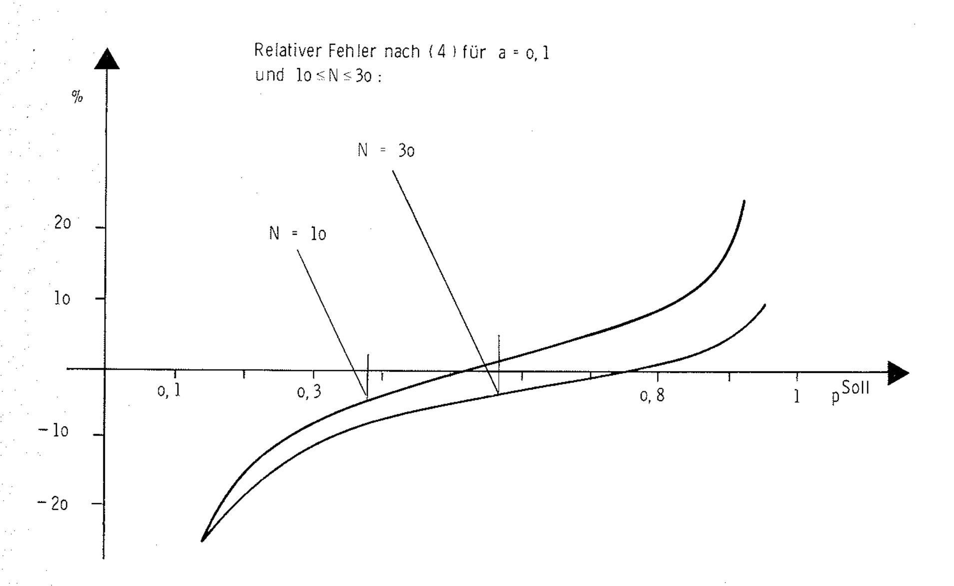


Bild 2

Wir zeigen, daß $E_N(T_i)$ auch eine Darstellung als *endliche* Summe gestattet.

Satz:

(10) $$E_N(T_i) = \sum_{r=N-i+1}^{N} \binom{N}{r} \binom{r-1}{N-i} \frac{(-1)^{r-N+i-1}}{p_r}$$

Beweis. Aus $| p_n^j (1-p_n)^{N-j} | \leqslant (1-a)^n$ folgt die Vertauschbarkeit der Summationen in (7) und damit

$$E_N(T_i) = \sum_{j=o}^{i-1} \binom{N}{j} \sum_{\mathbb{N}} p_n^j (1-p_n)^{N-j}$$

$$= \sum_{j=o}^{i-1} \binom{N}{j} \sum_{\mathbb{N}} (1-(1-a)^n)^j (1-a)^{n(N-j)}$$

$$= \sum_{j=o}^{i-1} \binom{N}{j} \sum_{k=o}^{j} \binom{j}{k} (-1)^k \sum_{\mathbb{N}} [(1-a)^{N-j+k}]^n$$

$$= \sum_{j=o}^{i-1} \sum_{k=o}^{j} \binom{N}{j} \binom{j}{k} (-1)^k \frac{1}{p_{N-j+k}}$$

Wir benutzen folgende Eigenschaften der Binomialkoeffizienten:

(11) $$\binom{j}{k} = O, \text{ falls } k < O \text{ oder } k > j$$

(12) $$\binom{N}{j} \binom{j}{l} = \binom{N}{l} \binom{N-l}{j-l}$$

(13) $$\sum_{j=o}^{m} (-1)^j \binom{N-l}{j-l} = (-1)^m \binom{N-l-1}{m-l}$$

Nach Einführung des neuen Summationsindex $l =_{Df} j-k$ folgt

$$E_N(T_i) \underset{(11)}{=} \sum_{l=o}^{N} \left(\sum_{j=o}^{i-1} (-1)^j \binom{N}{j} \binom{j}{l} \right) (-1)^l \frac{1}{p_{N-l}}$$

$$\underset{(12),(13)}{=} \sum_{l=o}^{N} \binom{N}{l} \binom{N-l-1}{N-i} \frac{(-1)^{i-l-1}}{p_{N-l}}$$

Die Behauptung ergibt sich daraus durch Substitution $r =_{Df} N-l$.

4. *Eine Abschätzung der Gesamtlernzeit im Grenzfall totalen Lehrerfolges*

Eine besondere Schwäche der Formel (4) tritt für den Fall $p^{SOLL} = 1$ zutage. Dieses Argument ist in ihrem Definitionsbereich überhaupt nicht enthalten, obwohl es in der Praxis eine legitime Forderung sein kann, daß *alle* Mitglieder einer begrenzten Schülerpopulation die anstehende Lehrstoffeinheit lernen sollen. (Wenn das nur ausnahmsweise im Parallelunterricht angestrebt wird, so aus einem anderen Grunde: der mit wachsenden Ansprüchen ungünstigeren Lernzeitnutzung.) Die Formel (7) hat dagegen auch für $i = N$ einen endlichen Wert und läßt Lernzeitabschätzungen zu. Es ist

(14) $$E_N(T_N) = \sum_{\mathbb{N}} [1-p_n^N].$$

Sei $\beta \in]0,1[$. $\ulcorner x \urcorner$ bezeichne die kleinste ganze Zahl, die $x \in \mathbb{R}$ nicht unterschreitet.

Wir beweisen die Ungleichung

(15) $$E_N(T_N) \leqslant \frac{1}{\beta} \ulcorner {}^{(1-a)}\log(1-\beta^{1/N}) \urcorner$$

Beweis. Wir setzen zur Abkürzung $g_i =_{Df} 1-p_i^N$. Sei $M \in \mathbb{N}$. Wir zeigen zunächst für $i \geqslant M$

(16) $$g_i \leqslant g_M^{\,i/M}$$

Hilfsweise führen wir die auf $[O,\infty]$ definierten, reellwertigen Funktionen $p(x) =_{Df} 1-(1-a)^x$ und $g(x) =_{Df} 1-p(x)^N$ ein. Zum Beweis von (16) genügt dann

(17) $$\frac{d}{dx}\left[\frac{1}{x} \ln g(x)\right] \leqslant O.$$

Differentiation liefert

(18) $$\frac{d}{dx}\left[\frac{1}{x} \ln g(x)\right] = \frac{1}{x^2} \left[\frac{Np(x)^{N-1}(1-p(x)) \ln(1-p(x))}{1-p(x)^N} - \ln g(x) \right]$$

$$= \frac{\ln(1-p(x))^N}{x^2} \left[\frac{1}{\sum_{k=o}^{N-1} p(x)^{-k}} - \frac{\ln(1-p(x)^N)}{N \cdot \ln(1-p(x))} \right]$$

Für $O < u < 1$ gilt allgemein (vgl. Anhang)

(19) $$u^{N-1} \geqslant \frac{\ln(1-u^N)}{\ln(1-u)}.$$

Wählt man speziell $u = p(x)$, so folgt

(20) $$\sum_{k=0}^{N-1} p(x)^{-k} \leqslant N \cdot p(x)^{-(N-1)} \underset{(19)}{\leqslant} N \cdot \frac{\ln(1-p(x))}{\ln(1-p(x)^N)}$$

Wegen (18), (20) und $\ln(1-p(x))^N \leqslant 0$ ist damit (17) gezeigt. Es gilt somit

(21) $$E_N(T_N) \underset{(14)}{=} \sum_{n \in \mathbb{N}} g_n = \sum_{n=0}^{M-1} g_n + \sum_{n=M}^{\infty} g_n$$

$$\underset{(16)}{\leqslant} M + \sum_{n=M}^{\infty} g_M{}^{n/M} = M + \frac{g_M}{1-g_M{}^{1/M}}.$$

Wir setzen nun

(22) $$M =_{Df} \ulcorner {}^{(1-a)}\log(1-\beta^{1/N}) \urcorner \text{ und } k =_{Df} \frac{(1-\beta)M}{\beta}$$

Dann ist

$$g_M \leqslant g({}^{(1-a)}\log(1-\beta^{1/N})) = 1-\beta$$

$$= \frac{1}{1+\frac{\beta}{1-\beta}} = \frac{1}{1+\frac{M}{k}},$$

woraus sich durch Umstellung und Anwendung der BERNOULLIschen Ungleichung wegen $g_M/k \leqslant \beta/M \leqslant 1$

(23) $$g_M \leqslant 1 - \frac{M}{k} g_M \leqslant (1 - \frac{g_M}{k})^M$$

ergibt. Somit erhalten wir

(24) $$\frac{g_M}{1-g_M{}^{1/M}} \leqslant \frac{g_M}{1-((1-g_M/k)^M)^{1/M}} = k.$$

Aus (21), (22) und (24) folgt (15).

5. *Konvergenzbetrachtungen*

Man könnte annehmen, daß die mittlere Lernzeit nach Formel (4) umso genauer bestimmt wird, je größer die Zahl N ist. Diese Vermutung rührt von der subjektiven Erfahrung her, daß in „großen" Populationen kein spürbarer Unterschied zwischen Wahrscheinlichkeiten und relativen Häufigkeiten auszumachen ist. Damit wäre auch die linke Seite in (1) ein sicheres Ergebnis. Wir werden die genannte Hypothese aber nicht voll bestätigen können.

Satz: Es gilt für $p^{SOLL} < 1$

(25) $$\lim_{N\to\infty} E_N(T_{p^{SOLL}\cdot N}) = \begin{cases} n + 0{,}5 & \text{falls } p^{SOLL} = p_n > 0 \\ \ulcorner {}^{(1-a)}\log(1-p^{SOLL}) \urcorner & \text{sonst} \end{cases}$$

Beweis. Für $p^{SOLL} = 0$ ist (25) trivial. Sei also $p^{SOLL} > 0$. Wir zeigen, daß $\lim_{N\to\infty} F_{N,p_n}(p^{SOLL} \cdot N-1)$ existiert und den Wert 0, 1/2 oder 1 in den Fällen $p^{SOLL} < p_n$, $p^{SOLL} = p_n$ resp. $p^{SOLL} > p_n$ hat. Aus einer Anwendung von (8) und geeigneter Normierung ergibt sich

$$F_{N,p_n}(p^{SOLL} \cdot N-1) = P(-\infty < X_{N,p_n} < p^{SOLL} \cdot N)$$

$$= P(-\infty < \frac{X_{N,p_n} - Np_n}{\sqrt{Np_n(1-p_n)}} < \sqrt{N}\,\frac{p^{SOLL} - p_n}{\sqrt{p_n(1-p_n)}})$$

Es sei zunächst $p^{SOLL} < p_n$. Ist $r > 0$, so gibt es sicher ein $N_0 \in \mathbb{N}$ mit der Eigenschaft, daß für alle $N \geqslant N_0$

(26) $$0 \leqslant F_{N,p_n}(p^{SOLL} \cdot N-1) \leqslant P(-\infty < \frac{X_{N,p_n} - Np_n}{\sqrt{Np_n(1-p_n)}} < -r)$$

Da die rechte Seite von (26) nach dem Satz von MOIVRE-LAPLACE (Fisz, 1971, Formel (6.7.7)) gegen $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-r} e^{-y^2/2} dy$ konvergiert und r beliebig groß ist, folgt wie behauptet

$$\lim_{N\to\infty} F_{N,p_n}(p^{SOLL} \cdot N-1) = 0.$$

In den Fällen $p^{SOLL} = p_n$ und $p^{SOLL} > p_n$ verfährt man analog. Zur Gültigkeit von (25) genügt damit ein Beweis für die gleichmäßige Konvergenz der Reihe $\sum_{n \in \mathbb{N}} F_{N,p_n}(p^{SOLL} \cdot N-1)$, wonach die Grenzprozesse in $\lim_{N\to\infty} \sum_{\mathbb{N}} F_{N,p_n}(p^{SOLL} \cdot N-1)$ vertauschbar sind und der Satz 24 aus Erwe, 1962, S. 98 angewendet werden darf. Wir erinnern uns, daß der Zusammenhang $i = p^{SOLL} \cdot N$ bestand. Es ist

$$|F_{N,p_n}(p^{SOLL}\cdot N-1)| = \sum_{j=o}^{i-1}\binom{N}{j} p_n^j(1-p_n)^{N-j}$$

$$= [(1-a)^n]^{N(1-p^{SOLL})+1}\sum_{j=o}^{i-1}\binom{N}{j} p_n^j(1-p_n)^{i-1-j}$$

$$= (1-a)^n[(1-a)^n]^{(1-p^{SOLL})N}\sum_{j=o}^{i-1}\frac{N\ldots(N-j+1)}{(i-1)\ldots(i-j)}\binom{i-1}{j}p_n^j(1-p_n)^{i-1-j}$$

$$\leqslant (1-a)^n[(1-a)^n]^{(1-p^{SOLL})N}\binom{N}{i-1}$$

$$< (1-a)^n[(1-a)^n]^{(1-p^{SOLL})N}\frac{p^{SOLL}}{1-p^{SOLL}}\cdot\binom{N}{i}$$

Nach der STIRLINGschen Formel

$$(27)\qquad \lim_{k\to\infty}\frac{k!}{\sqrt{2\pi k}\;k^k\;e^{-k}} = 1$$

ist $\binom{N}{i}$ für große N asymptotisch gleich

$$\frac{[(p^{SOLL})^{p^{SOLL}}(1-p^{SOLL})^{1-p^{SOLL}}]^{-N}}{\sqrt{2\pi p^{SOLL}(1-p^{SOLL})N}}.$$

Man kann dann $n\in\mathbb{N}$ so groß wählen, daß $[(1-a)^n]^{(1-p^{SOLL})N}\binom{N}{i}$ für fast alle N kleiner als 1 ist. $\sum_{\mathbb{N}} F_{N,p_n}(p^{SOLL}\cdot N-1)$ besitzt also eine von N unabhängige Majorante und ist daher nach dem WEIERSTRASS-Kriterium gleichmäßig konvergent.

6. *Anhang*

Beweis der Formel (19):

Wir führen eine vollständige Induktion über $N\in\mathbb{N}_+$. Für $N = 1$ ist die Ungleichung offensichtlich richtig.

Da $|u^N| < 1$, gilt die allgemeine binomische Formel (vgl. Erwe, 1962, S. 205):

$$(28)\qquad (1-u^N)^u = \sum_{k=o}^{\infty}\binom{u}{k}(-u^N)^k$$

$$= 1-u^{N+1} + \sum_{k=2}^{\infty}\binom{u}{k}(-1)^k u^{kN}$$

Wegen $0 < u < 1$ ist der Ausdruck $\binom{u}{k}(-1)^k$ für $k\geqslant 2$ negativ. Aus (28) folgt also

$$(29)\qquad (1-u^N)^u \leqslant 1-u^{N+1}$$

Unter Beachtung der Induktionsvoraussetzung, der Formel (29) sowie der Eigenschaft $\ln(1-u) < 0$ ergibt sich

$$u^N = u^{N-1}u \geqslant u\cdot\frac{\ln(1-u^N)}{\ln(1-u)} = \frac{\ln((1-u^N)^u)}{\ln(1-u)}$$

$$\geqslant \frac{\ln(1-u^{N+1})}{\ln(1-u)},\quad \text{q.e.d.}$$

Schrifttum

Erwe, F.: Differential- und Integralrechnung I, BI-Hochschultaschenbuch Nr. 30/30a, Mannheim 1962
Fisz, M.: Wahrscheinrichkeitsrechnung und mathematische Statistik, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1971
Frank, H.: Die Formaldidaktik ALZUDI I, in: Formaldidaktiken, 1. Paderborner Werkstattgespräch, Schroedel, Hannover 1972
Frank, H.: Bildungstechnologie und Lehrplanung, in: GrKG 14/3, 1973
Frank, H.: Mallonga enkonduko en la kibernetikan pedagogion, in: Bildung und Berechnung, Bamberg 1976

Eingegangen am 19. April 1978

Anschrift des Verfassers:
Dr. Rainer Hilgers, FEoLL Pohlweg 55, 4790 Paderborn

Systemtechnische Aspekte beim Aufbau und bei der Analyse von Informationssystemen

von Heinz Günther FOCKEN, Lippstadt

1. *Problemstellung*

In vielen Industriebetrieben hat der Zwang zu einer aufgabenbezogenen Bereitstellung von unternehmensinternen und externen Informationen dazu geführt, den Aufbau geeigneter, rechnergestützter Informationssysteme in Angriff zu nehmen. Der Systemumfang und die Systemstruktur sind ebenso wie der Realisierungsgrad von Fall zu Fall weitgehend unterschiedlich. Es werden sowohl Teilsysteme zur Abdeckung spezieller Aufgaben als auch integrierte Management-Informationssysteme zur Nutzung der gespeicherten Daten durch die verschiedenen Unternehmensbereiche unter den jeweils relevanten Gesichtspunkten entwickelt.

In diesem Aufsatz wird eine generelle Beschreibung dieser Informationssysteme aus der Sicht der Systemtechnik mit einer mengentheoretischen Systemdefinition gegeben.

Es wird eine übersichtliche Darstellung der Systemstruktur gewonnen, und durch die Formalisierung wird eine einfache Behandlung der Zusammenhänge bei der Informationsrückgewinnung möglich. Darüberhinaus wird gezeigt, daß durch die Systemtechnik Hilfsmittel und Methoden für die Auslegung bestimmter Komponenten von Informationssystemen bereitgestellt werden können.

2. *Systemdefinition*

Die Systemtechnik bietet mit Hilfe der Mengentheorie eine einfache, sachgebietsunabhängige Systemdefinition. Danach ist das System S bestimmt durch eine Menge G von Objekten und eine Menge B von Beziehungen zwischen ihnen (Hildebrandt, 1973); formal wird notiert $S = \{G, B\}$.

Dieser formale Ansatz beschreibt beliebige Systeme — also auch Informationssysteme —, da sowohl die Objektbereiche und Beziehungskategorien als auch die Gliederung der Systeme zunächst offen bleiben.

Er deckt alle in Bild 1 zusammengestellten Kriterien zur Systemdefinition ab. Durch die Anwendbarkeit der Regeln der Mengenlehre enthält der Ansatz implizit grundsätzliche Prinzipien für die Analyse und Gestaltung von Systemen sowie deren Komponenten.

Die Definition eines Systems S durch die Menge G der zugehörigen Objekte und die Menge B der Beziehungen zwischen ihnen beinhaltet zugleich die Abgrenzung von der nichteingeschlossenen Umwelt (Systemumgebung) U. Zwischen bestimmten Elementen des Systems S und der Umwelt U bestehen spezielle Beziehungen, die als Ein- und Ausgangsgrößen das Verhalten des Gesamtsystems charakterisieren.

Kriterien	Spezielle Kennzeichen
Menge G von Objekten und Menge B von Beziehungen als Elemente des Systems S.	Umfassende Objekt- und Beziehungsbegriffe.
Integration.	Zweckgerichteter Zusammenschluß aller Elemente.
Komplexität.	Große Anzahl von System-Elementen. Veränderungen einer Komponente wirkt sich auf die anderen des Systems aus.
Abgrenzung gegen die Systemumwelt.	Präzise Definition der System-Elemente.
Synthese.	Zusammenfügen von Systemen zu größeren Systemen.
Dekomposition.	Unterteilen von Systemen in kleinere Subsysteme.
Träger einer Methodik oder konkrete Ausführungsform.	Gestaltung technischer Gebilde und Verfahren oder Resultate von Gestaltungsprozessen.
Halbautomatik (in der Regel).	Funktionsteilung zwischen Menschen und Maschinen.

Bild 1: Kriterien zur Systemdefinition

3. *Strukturanalyse von Informationssystemen*

Nach der eingeführten Systemdefinition wird ein Informationssystem IS definiert als eine Menge F von Funktionselementen und eine Menge Z von Verbindungselementen; $IS = \{F, Z\}$.

Als Funktionselemente treten die Prozesse und Aufgaben des Informationssystems auf. Nach Bild 2 sind dies die Informationserfassung, -aufbereitung und -rückgewinnung. Die Verbindungselemente stellen z.B. die logische und zeitliche Aufeinanderfolge von Funktionselementen und die Informationsübertragungen (auf Datenträgern, Belegen usw.) zwischen den Funktionselementen dar und geben hier zunächst die Richtung des Informationsflusses an. Die Systemumgebung wird durch die externen Informationsquellen und die Benutzer des Systems gebildet. Dabei sind die Systembenutzer

ggf. selbst ebenfalls externe Informationsquellen. Die externen Informationsquellen und die Systembenutzer werden nicht als Elemente in das System einbezogen, da sie nicht einzeln gegeneinander abgegrenzt und definiert werden können. Demgegenüber können (und müssen) die Eingangs- und Ausgangsgrößen des Systems eindeutig beschrieben werden. Sie sind gegeben durch

- die zur Übernahme in das System bereitgestellten Informationen,
- die abgewiesenen, nicht in das System übernommenen Informationen,
- die Suchfragen der Benutzer,
- die aufgrund der Suchfragen vom System bereitgestellten Informationen und
- die Fehlmeldungen des Systems, wenn aufgrund der Suchfrage vom System keine Information bereitgestellt werden kann.

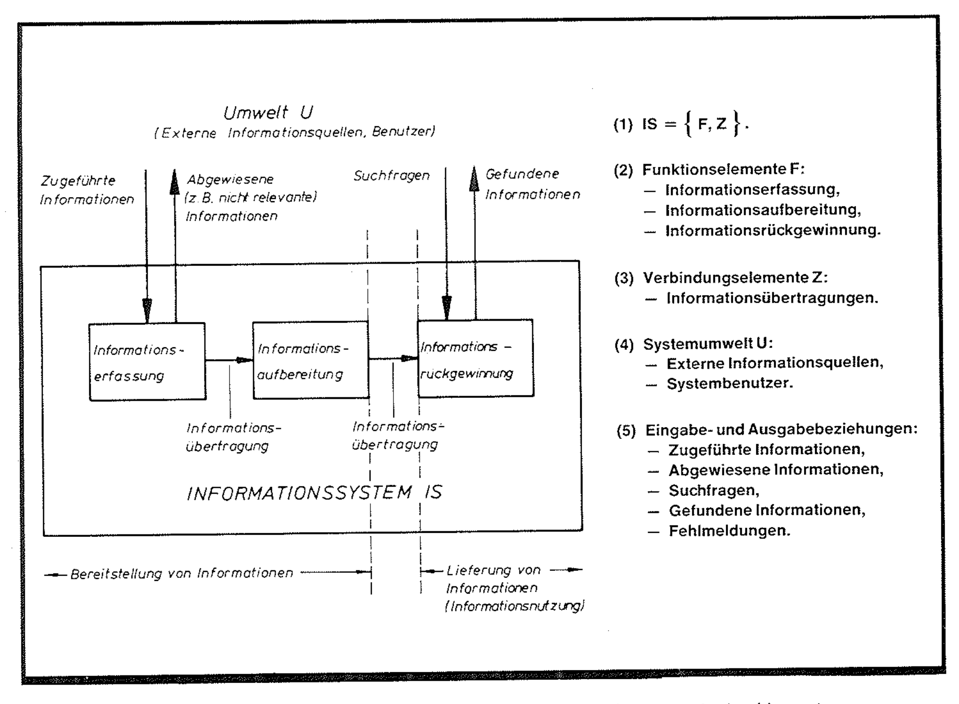


Bild 2: Prinzip eines Informationssystems und seiner Kommunikation mit der Umwelt

Die Funktionselemente in Bild 2 werden weiter in Funktions- und Verbindungselemente der nachgeordneten Stufe gegliedert. Diese Dekomposition des Systems führt zu einer übersichtlichen Darstellung der Gesamtstruktur mit den Elementen für die Untersysteme „Informationserfassung", „Informationsaufbereitung" und „Informationsrückgewinnung" (s. Bild 3).

4. *Aufbau von Klassifizierungsnummern unter systemtechnischen Aspekten*

Eine zentrale Aufgabe beim Aufbau von Informationssystemen besteht in der Entwicklung eines zweckgerichteten Ordnungssystems für die zu verarbeitenden Informationen. Am Beispiel eines Informationssystems für den Entwicklungsbereich wird als Element des Untersystems „Informationsaufbereitung" der Aufbau eines Klassifizierungssystems betrachtet.

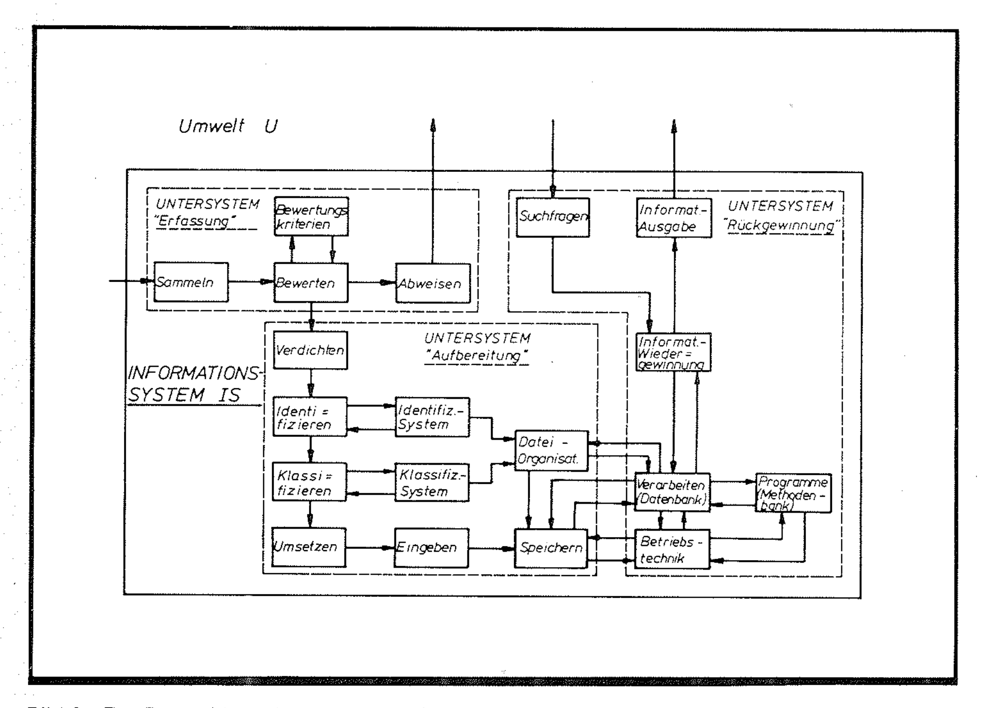


Bild 3: Zur Entwicklung der inneren Struktur eines Informationssystems

Als kennzeichnende Informationen über die Klassifizierungsobjekte (Bauteile, Lösungen/Lösungsprinzipien für Konstruktionsaufgaben und Unterlagen) werden aus organisatorischen, geometrischen und funktionsbezogenen Merkmalen die für die Klassifizierung relevanten Merkmale ausgewählt.

In einer mengentheoretischen Interpretation läßt sich die Verknüpfung der Objektmerkmale als Schnittmenge von Teilmengen darstellen. Dazu werden die Merkmale als Auswahlkriterien für die Bildung der Menge der jeweils betroffenen Objekte aus einer Grundmenge aufgefaßt (Waldvogel, 1969).

Soll aus einer Grundmenge *GM* die Menge M_a der Objekte ausgewählt werden, auf die ein bestimmtes Merkmal *a* zutrifft, so besteht für die Elemente der Menge M_a die Auswahlvorschrift „das Element *x* gehört zur Grundmenge *GM*, und auf dieses trifft das Merkmal *a* zu". In einer üblichen formalen Notation (Görke, 1972) gilt demnach $M_a = \{x : \in GM$ und auf x trifft a zu$\}$. Diese Menge M_a stellt eine Teilmenge der Grundmenge *GM* dar, also $M_a \subset GM$.

Wird für auszuwählende Objekte gefordert, daß mehrere Merkmale *a*, *b*, ..., *n* zutreffen, so lassen sich die Teilmengen M_a, M_b, ... M_n angeben. Die Menge *M*1 der gesuchten Objekte mit den geforderten Merkmalen wird als Teilmenge der Schnittmengen gewonnen: $M1 = GM \cap M_a \cap M_b \cap \ldots \cap M_n$.

Eine vereinfachte und übersichtliche Darstellung ergibt sich mit drei Festlegungen:
- Es wird vorausgesetzt, daß von vornherein bekannt ist, welcher Grundmenge *GM* die zu betrachtenden Elemente angehören. Die Angabe der Grundmenge kann daher entfallen.
- Die Eigenschaften der Mengen sollen die Mengen repräsentieren. Anstatt der Teilmengen M_a, ..., M_n werden die Merkmale *a*, ..., *n* notiert.
- Für die Operation der Schnittmengenbildung unter den beiden vorgenannten Festlegungen wird das Zeichen $\circ$ eingeführt.

Unter diesen drei Bedingungen kann notiert werden: $M_1 = a \circ b \circ \ldots \circ n$. Die Schreibweise läßt sich vorteilhaft bei der Formulierung von Suchfragen mit umfangreichen Verknüpfungen anwenden (s. Abschnitt 6).

Ein konkretes Beispiel für den Aufbau eines Klassifizierungssystems ist in Bild 4 dargestellt. Die Struktur der Klassifizierungsnummer mit den vorgegebenen Merkmalen „Erzeugnisgruppe *EG*", „Hauptmerkmal *HM*" usw. wird als antizyklischer Graph aufgefaßt, der mit der Graphentheorie entwickelt werden kann. Es ist möglich, die Reihenfolge der Verschlüsselungsmerkmale des Klassifizierungssystems mit einem Verfahren zur Ordnung antizyklischer Graphen zu bestimmen, denn die kennzeichnenden Eigenschaften des antizyklischen Graphs sind gegeben:
- Irreflexivität: kein Element besteht in dem betrachteten Zusammenhang in Relation zu sich selbst (ein Klassifizierungsmerkmal „kann nicht auf sich selbst folgen");
- Antisymmetrie: die Zuordnung *AB* schließt *BA* aus;
- Transitivität: aus den Zuordnungen *AB* und *BC* folgt *AC*.

Beim Durchlaufen der gerichteten Kanten eines antizyklischen Graphen wird also kein Knoten mehrfach erreicht.

Für das Klassifizierungssystem wird die Menge *L* der Knoten definiert als $L = \{EG, HM, HK, \ldots, ZN\}$. Dazu kann zunächst die Menge aller möglichen Kanten betrachtet werden: $L \times L = \{(EG, EG), (EG, HM), \ldots, (ZN, ZN)\}$.

Für die Klassifizierungsmerkmale gelten nun die in Bild 4 entwickelten Einzelprioritäten. In der Schreibweise (u, v) für die Kanten des Graphen mit der Bedeutung

HOMO KAJ INFORMO

Komuna resumaro de diverslingvaj sciencaj revuoj

Partoprenas ĝis nun:

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft (GrKG), Schroedel, D-3 Hannover-Döhren, Postfach 260620 (F. R. Germanujo)

Lenguaje y Ciencias, Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Revista de Pedagogia Cibernetica e Instruccion Programada Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Sirkulare de Intal, E. Weferling, Jasper-Allee 72, D-33 Braunschweig, (F. R. Germanujo)

Cybernetica, Revue de l'Association International de Cybernétique, Place André Rijckmans, Namur (Belgujo)

Revista Brasileira de Teleducação, Avenida Erasmo Braga 227, grupo 310, BR-Rio de Janeiro (Brazilo)

Kybernetik und Bildung, Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektivierte Lehr- und Lernverfahren, D-479 Paderborn, Pohlweg 55 (F. R. Germanujo)

Literatura Foiro
Norda redaktejo: Giorgio Silfer, P.L. 125, SF-74101 Iisalmi (Finnlando)

didakometry, Department of Educational and Psychological Research, School of Education, S-Malmö 23 (Svedujo)

Revista del Instituto de Cibernética de la Sociedad Cientifica Argentina, Av. Santa Fé 1145, RA-1059, Buenos Aires (Argentinio)

La pedagogia revuo, C/o Rektor Sonnabend D-3161 Dollbergen (F. R. Germanujo)

Significação, Revista Brasileira de Semiótica, São Paulo (Brasilo)

Acta Semiótica et Linguistica, São Paulo (Brazilo)

Eŭropa Dokumentaro, Red. G. Dignas, Postfach 1413, D–4790 Paderborn (F.R. Germanujo)

Revista Comunicações e Artes, Cidade Universitária, cep. 05508, São Paulo (Brazilo)

Revista Brasileira de Linguística, Red. Cidmar Teodoro Pais; Monica Recotr; Jürgen Heye; Cx. Postal 38.004, PUC, ZC-19, BR–20.000 Rio de Janeiro (Brazilo)

Caderno do Centro de Teologia e Ciencias Humanas, Red. Reitor Mons. Rubens Gondin Lóssio; Cesar Sales Giusti, Universidade Católica de Pernambuco, R. do Príncipe, 526, BR–50.000 Recife PE

Jaro 1978
Kajero 2

Redakcio:
Institut für Kybernetik
S-rino B. Frank-Böhringer
D-479 Paderborn
Heiersmauer 71
F. R. Germanujo

La resumoj estas aŭtentikaj tekstoj skribitaj far la aŭtoroj de la koncernaj originalaj publikaĵoj diverslingvaj. Se mankas post la resumo sciigo pri tradukisto, la resumo estas originale verkita en internacia lingvo.

LEHRL, S., ERZIGKEIT, H., GALSTER, V.: Versuch einer unverzerrten Messung der Gegenwartsdauer (Provo mezuri nedeformige la nundaŭron) en : GrKG 18/1, 1977, pp. 1 - 11

La revizio de la literaturo kaj koncernaj pripensoj supozigis, ke la mezurprocedoj, „reprononcado de nombroj" kaj „reprononcado de literoj", prezentas en idealaj cirkonstancoj nedeformite la nundaŭron. Por pruvi tiun hipotezon oni faris empiriajn esplorojn. Ili montris, ke en la konstatojn faritajn per nombroreprononcado eniras faktoro de la vivsperto, kiu precipe efikas ĉe inteligentaj plenkreskuloj en la mezaj kaj pli altaj aĝoj. Pro tio la literoreprononcado ŝajnas esti nedeformita mezuro de la nundaŭro. Por pli bone diferenci la mezurrezultojn kaj redukti iliajn mezurerarojn estas rekomendinde kombini la du mezurojn kaj korekti la valorojn pri la nombroreprononcado.

Adreso de la aŭtoroj: Universitätsnervenklinik, Schwabachanlagen 10, D–8520 Erlangen.
Traduko ILen: Brigitte Frank-Böhringer.

FRANK, Helmar: Lernaufwand und Lernerfolg bei konkurrierenden Wissenschaftssprachen (Lerntempo kaj lernsukceso rilate konkurajn porsciencajn lingvojn) en: Eŭropa Dokumentaro 17/1978, pp. 17 - 19

Malgraŭ la lernado de la angla resp. franca lingvoj dum 1500 resp. 1200 studhoroj la nekonata informo necesa por skribi sciencan tekston estis en eksperimento de la aŭtoro ĉirkau la kvaroblo resp. la kvinoblo de la samsenca manko en la kono de la Internacia Lingvo lernita dum 60 studhoroj. (Traduko el la ILo en la anglan resp. francan resp. germanan plilongigas la tekston je 21% resp. 26% resp. 22%.) Per apliko de la kibernetike pedagogia formulo pri la necesa lerntempo eblas komparado malgraŭ diverseco rilate aĝon kaj antaŭscion de la lernanto kaj efikancon de la instruo. Tiel montriĝas, ke la malfacileco de la angla kaj de la franca lingvoj estas ĉirkaŭ 30oble pli granda ol la malfacileco de la ILo, se temas pri la kompetenteco necesa por verki sciencajn tekstojn. Rilate la ŝtupon de simplaj bildpriskriboj tiu relativa lernmalfacileco *s* de la nacilingvoj estas nur ĉirkaŭ 3 - 4.

Adreso de la aŭtoro: Prof. Dr. Helmar Frank, Rolandsgärten 2, D–4790 Paderborn
Resumo originale verkita.

NELLES, R., SENNEKAMP, M.: Rechnerunterstützter Unterricht in den sprachlichen Studiengängen der Lehrerausbildung (Inseniamento con appoio de computatores in linguistic cursos de instruction pro aspirantes al maestrato de schola) in: GrKG 18/2, 1977, pp. 37 - 44

A programmas de instruction con adjuta de computatores se adapta solo tal materias de apprendimento que son formalisabile, demonstrabile in algorithmos e falsificabile (1) in modo relativemente inambigue. A iste conditiones satisface solmente le materias cuje unitates resp. datos son limitabile, e cuje mechanismos regulatori son descriptibile. Inter le cognoscentias del historia litterari a transportar al maestramento del futur institutores, in le curso del studios linguistic, il es, in substantia, le subjectos del metrica, de figuras rhetoric, datas historic, e cosas simile que suffice a iste exigentias. In linguistica, qualque sectores del linguistica systematista (2) son specialmente idonee al programmas de instruction con adjuta de computatores. Lo que importa, pro le cursos de studios in linguas estranier, isto es, juxta le communication de materias appertinente al linguistica applicate (analyse de errores e/o faltas), le ampliamento del competentia del studentes. In iste dominios, le campo morphosyntactic, per virtute del coherentia de su systemas e de su determination per regulas, se monstra particularmente ben programmabile. Le curso del studios matrilingual se occupa principalmente del construction de modellos linguistic. In caso que programmas de exercitation se prova, sur large scala, como rationabile pro le studios supradicte, le montage de un modello, a minus que illo non sia troppo complexe (p.ex.le formation de parolas in teutisco), pote venir demonstrate ben per medio de un programma de simulation.

1) *falsificabile*: (hic:) recognoscibile como false.
2) *l. systematista:* glottologia considerante le lingua(s) como un gruppo de systemas (o systematoides) interrelative.

Adresse del autores: Kapplerstr. 43, D–7800 Freiburg.
Interlingua-traduction: Dr. H. Ruhrig, Freiburg.

JONES, A.: Die Anpassung der Ziele, Mittel und Funktionen eines Lernsystems anhand der Theorie unscharfer Untermengen (Adapto de la celoj, rimedoj kaj funkcioj de lernsistemo helpe de la teorio pri neprecizaj subaroj) en: Kybernetik und Bildung III, 1977, pp. 84 - 92

La kapabloj de lernanto estas diversaj, t.e. la lernprocedo estas optimuma por la unuopa lernanto nur tiam, se la instrumaniero adekvatas al liaj kapabloj. Jen ni demonstras, kiel atingeblas tia optimuma lernprocedo helpe de la teorio pri neprecizaj subaroj.
Komponanton de la modelo konsistigas la kapabloj de la lernanto (nomata „homa operatoro").
Estas jenaj: la kapabloj enmemorigi (M), sintaksaj konoj (S), semantika povo (Σ), kapablo indukti (I), dedukti (D), transferi kaj kompari (T), la juĝo pri la elekto de procedmaniero (Γ) kaj la kreaj kapabloj (C).
La fortogradon de la unuopaj kapabloj ni taksas uzante nombron inter 0 kaj 1, tiel ke eblas bildigi la „situon" de la lernanto per tielnomata „nepreciza subaro".
Por optimumigi la individuan instru-/lernprocezon ni konsideras pliajn 3 komponantojn. Tiuj ĉi estas: la celoj de la instruado, la aplikeblaj periloj dum la instruado, kaj la instrumetodo.
Ni starigas t.n. neprecizajn rilatojn inter la unuopaj komponantoj kaj per tio helpe de la teorio pri neprecizaj subaroj ni bildigas optimuman lernprocezon. La uzitaj valoroj ne estas mezuritaj, sed taksitaj laŭ subjektivaj kriterioj. Fininte la unuopajn operaciojn oni ricevas neprecizan subaron, kiu ekz-e indikas, kiuj periloj por atingo de instrucelo ebligas individue optimuman lernprocedon je kono de la kapabloj kaj certa instrumaniero.
Depende de la celo de la instrusistemo eblas por la optimumigo de la lernprocedo apliki diversajn „operatorojn" kiel ekz-e maksimuman diferencon aŭ duonan minimuman sumon.

Adreso de la aŭtoro: prof-o dr-o A. Jones, Rue du Compas 1, B–1348 Louvain-la-Neuve.
Esperanto-traduko: Goar Engeländer.

BINK, W. D. E. : Das Sach-Lern-Strukturmodell als Ansatz einer formalen Theorie für eine optimale Lehrstoffverteilung (La objekto-strukturmodelo kiel elirpunkto de formala teorio por optimuma disdivido de instruobjektoj) en: Kybernetik und Bildung III, 1977, pp. 72 - 83

Por tiu ĉi provo, formale priskribi la ecojn de „objektostrukturo" kaj „lernstrukturo", leviĝas precipe la demandoj pri la konsistigaj eroj de tiuj du strukturoj kaj pri la kriterioj de ties aranĝo.
Unue oni donas formalan difinon de la bazo-teksto, kiu estas komprenata kiel unuiga aro de ĉiuj difinoj, faktorpriskriboj kaj problemsolvaj procedoj apartenantaj al la temaro. La duonordon, nur laŭ objektaj strukturoj argumentitan, de ĉi ĉiuj temeroj de la baza teksto ni nomas „objekto-strukturon". Didaktikaj aspektoj do ne eniras la objektostrukturon. Plue oni formale priskribas la lernstatojn (lerncelojn), kiuj esence konsistas el klaso de „programoj" (en la senco de datoprilaborado), kiuj ebligas la solvadon de certaj taskoj.
Sekvas la transiro de la objektostrukturo al la lernstrukturo tiel, ke oni por ĉiu temero (de la objektostrukturo) starigas rilaton al (ne malplena) aro de „lernelementoj". En tiun elekton eniras la atingendaj lernstatoj kaj la fakrilataj kapabloj de la lernantoj. Informenhavo kaj informelekto certigu, ke la antaŭviditaj lernstatoj fakte estos atingataj. Sed ĝis kie tio estas garantiita, la informenhavo estu tenata laŭeble malalta. La lerntempo same plenumante tiujn marĝenajn kondiĉojn atingu laŭeble malgrandajn valorojn. La duonordo de tiuj lernelementoj nomiĝas „lernstrukturo".

Adreso de la aŭtoro: d-ro W. D. E. Bink, Wilsdorfallee, D–2000 Hamburg 53.
Esperanto-traduko: Goar Engeländer.

CAMARGO, Nelly De: Os meios de comunição e o futuro da educação superior nos países em desenvolvimento (La periloj de komunikado al amaso kaj la venonto de la supera edukado en envolvigantaj landoj) en: Revista Comunicações e Artes Nr. 7/77, pp. 49 - 67

La consideroj ĉi tien portataj, elmontras la kontraŭdirojn vere ekzistantaj. Ili ekmontriĝas el la problemoj de la Supera Edukada Sistemo antaŭ tumultego kiu karakterizas la elvolviĝprocezon de la Latina-Amerikaj societoj. En tia kadro pri Daŭra Edukado, kiu ŝajnas esti la nura espero por la postvivado de la civilizacio, la periloj de komunikado rolas grave en la elvolviĝproceso. La universitata institucio necesas modifi siajn elfarnormojn, efektivigante planmodelojn kiuj enhavu la perilojn de komunikado al amaso kaj avangardaj strategioj pri komunikado.

Adreso de la aŭtorino: Escola de Comunicações e Artes da USP - Cidade Universitária - cep 05508, São Paulo, Brazilo.
Esperanto-traduko: Heliana L.C. Correa.

ATENTIGO POR LA AŬTOROJ

La leganto de via originala publikigaĵo memoros la postan tagon nur ankoraŭ parteton. La parteton, kiun vi taksas memorinda, formulu kiel vian resumon! Tiu-ĉi estu koncizaĵo de viaj novaj rezultoj - ne nur sciigo pri la problemoj solvitaj en la originala teksto ofte ne alirebla por la leganto!

La redakcio

„die Verschlüsselung des Merkmals *v* ist abhängig von *u*" bzw. „*u* kommt bei der Verschlüsselung und bei der späteren Auswahl mit Hilfe der Klassifizierung vor *v*" werden diese Festlegungen als Graph in einer Matrizendarstellung zusammengefaßt. Die Klassifizierungsmerkmale und die Zählnummern als Elemente der Menge $L = \{EG, HM, HK, \ldots, ZN\}$ kennzeichnen als Knoten des Graphen die Zeilen und die Spalten dieser Matrix. Die Felder der Matrix des Merkmalsgraphen enthalten Wahrheitswerte für die Einzelprioritäten nach Bild 4.

	EG	HM	HK	SM	BN	GB	ZN	V_0	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
EG		1	1		1	1		4	4	3	2	2	0
HM				1			1	2	0	X	X	X	X
HK		1						1	1	0	X	X	X
SM								0	X	X	X	X	X
BN		1	1					2	2	1	0	X	X
GB		1	1		1			3	3	2	1	0	X
ZN								0	X	X	X	X	X
							Niveau-Zuordnung:	SM ZN	HM	HK	BN	GB	EG
							Niveau:	0	1	2	3	4	5

Klassifizierungsmerkmale:
EG – Erzeugnisgruppe
HM – Hauptmerkmal
HK – Hauptmerkmalsklasse
SM – Sachmerkmal
BN – Benennung
GB – Gegenstandsbereich
ZN – Zählnummer

Einzelprioritäten:
EG – (EG, HM), (EG, HK), (EG, BN), (EG, GB),
HM – (HM, SM), (HM, ZN),
HK – (HK, HM),
BN – (BN, HM), (BN, HK),
GB – (GB, HM), (GB, HK), (GB, BN).

Bedingungen für die Elemente und die zwischen ihnen definierten Relationen:
– Irreflexivität,
– Antisymmetrie,
– Transitivität.

Bild 4: Die Struktur der Klassifizierungsnummer als antizyklischer Graph

Den Spalten *EG, HM, ..., ZN* der Matrix sind weitere Spalten $V_0, V_1, \ldots, V_5$ nach folgender Vorgehensweise und Bedeutung hinzugefügt: Die Werte für die einzelnen Glieder der Spalte V_0 werden durch zeilenweise Addition der Werte in der Matrix gebildet. In diesem Beispiel wird also unter V_0 eingetragen, wieviele Knoten (= Klassifizierungsmerkmale) dem Klassifizierungsmerkmal in der jeweils betrachteten Zeile nachfolgen, also $V_0 = 4$ für *EG*, $V_0 = 2$ für *HM* usw. Die Spalte V_0 enthält 0 in den Zeilen *SM* und *ZN*, d.h. diesen Knoten folgen keine anderen nach. *SM* und *ZN* liegen auf dem Niveau 0; sie sind für keine anderen Knoten die Voraussetzung und werden jeweils zum Schluß klassifiziert und verschlüsselt.

Das nächst höhere Niveau ergibt sich in Spalte V_1. Dazu werden in der Matrix *SM* und *ZN* eleminiert. Die neue zeilenweise Addition führt für *HM* zum Wert 0, d.h. *HM* liegt

auf dem Niveau 1. Entsprechend ergeben sich für die folgenden Niveaus $V_2 = V_1 - HM$, $V_3 = V_2 - HK$ usw. Aus der untersten Zeile der Matrix läßt sich die Reihenfolge der Merkmale in der Klassifizierungsnummer als ungekehrte Reihenfolge der ermittelten Niveaus direkt ablesen, also *EG–GB–BN–HK–HM–SM/ZN*.

Mit der ermittelten Merkmalreihenfolge ergibt sich der in Bild 5 dargestellte Nummernplan. Es werden 17 Nummernstellen für die Klassifizierung und zusätzlich 2 Stellen für die Zählfolge der Hauptmerkmale vorgesehen.

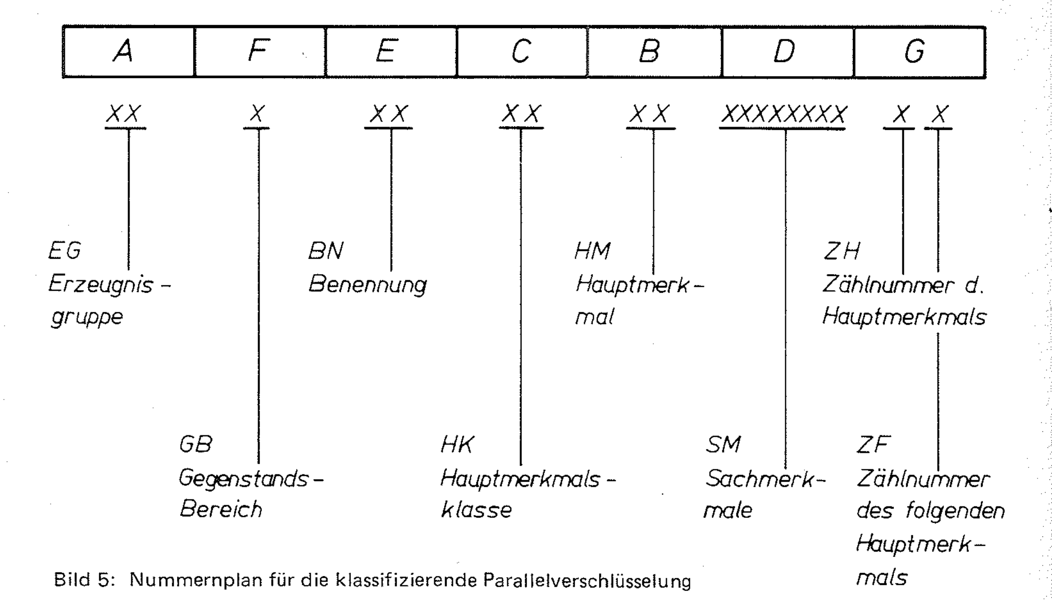


Bild 5: Nummernplan für die klassifizierende Parallelverschlüsselung

Ist es im Hinblick auf eine spätere Wiederverwendung erforderlich, mehrere Hauptmerkmale zu verschlüsseln, so führt jedes Hauptmerkmal zunächst zu einer getrennten einfachen Klassifizierungsnummer bei jeweils gleicher Verschlüsselung der Erzeugnisgruppe, des Gegenstandsbereiches und der Benennung. Es können entsprechend einem gesuchten Hauptmerkmal mit jeder Klassifizierungsnummer einzeln die zugehörigen Bauteile oder Unterlagen aufgefunden werden. Darüber hinaus kann jedoch die Aufgabe gestellt sein, Klassifizierungsobjekte zu ermitteln, auf die gleichzeitig mehrere Hauptmerkmale zutreffen. Diese Forderung wird durch eine Verkettung der Klassifizierungsnummern nach Bild 6 erfüllt. In dieser Darstellung wird das für die Operation der Schnittmengenbildung eingeführte Zeichen ∘ beibehalten.

Die in Bild 6 angedeuteten Kettsätze der Benutzerprogramme sind so aufgebaut, daß die Identifizierungsnummern gesuchter Bauteile und Unterlagen wahlweise aufgefunden werden können,

- wenn eine der Klassifizierungsnummern vorgegeben wird,
- wenn mehrere der zugehörigen Klassifizierungsnummern vorgegeben werden und
- wenn alle zugehörigen Klassifizierungsnummern vorgegeben werden.

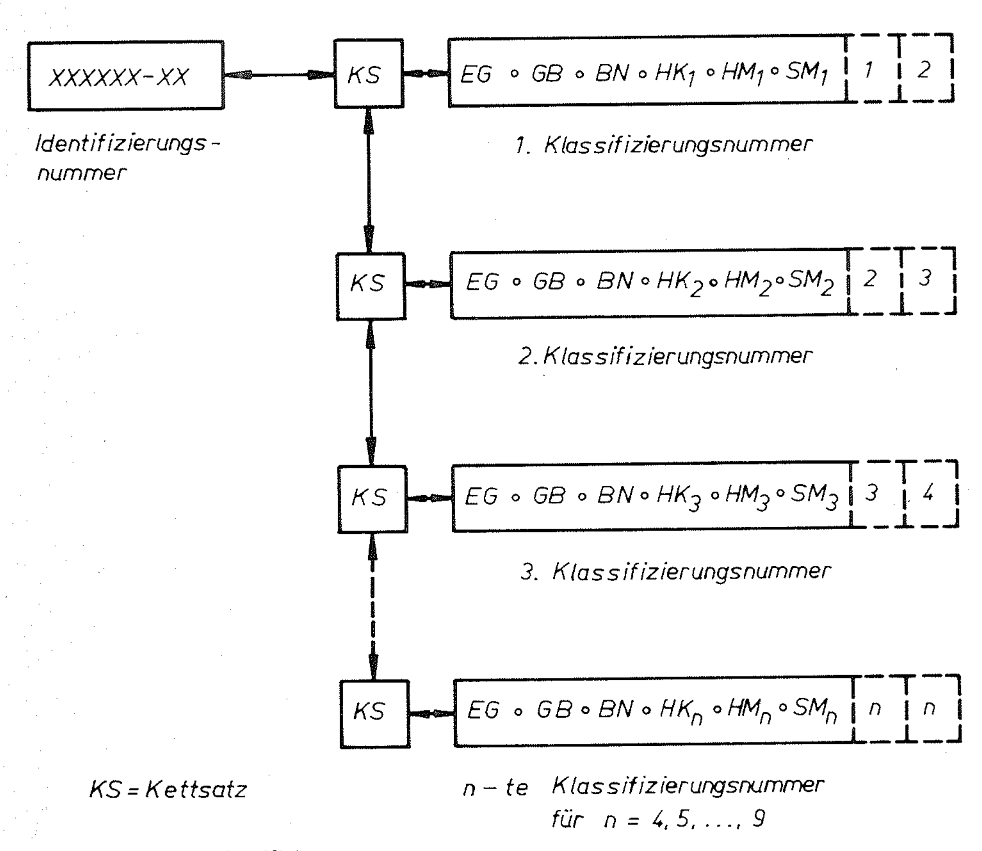


Bild 6: Verkettete Klassifizierungsnummern

Es wird hier davon ausgegangen, daß jeweils die vollständige Klassifizierungsnummer erfüllt sein muß.
Bei der Darstellung der Programme für die Informationsrückgewinnung in Abschnitt 6 wird gezeigt, daß diese Forderung in bestimmten Fällen nicht gestellt wird.

5. *Mengentheoretisches Modell des Klassifizierungssystems*

Nach der aufgezeigten mengentheoretischen Auffassung läßt sich eine Klassifizierungsnummer als Vorschrift für eine Schnittmengenbildung zwischen Mengen $M_a, M_b, \ldots, M_n$ von Objekten, die aus der Grundmenge aller Objekte durch die Klassifizierungsmerkmale $a, b, \ldots, n$ ausgewählt werden, interpretieren.
Die Untersuchung des entwickelten Klassifizierungssystems führt in Erweiterung dieses Ansatzes zu der Entwicklung eines mengentheoretischen Modells mit Mengen verschiedener Stufen.

Zunächst werden mit jedem der Klassifizierungsmerkmale Erzeugnisgruppe *EG*, Gegenstandsbereich *GB*, ..., Sachmerkmale *SM* je eine Menge von Individuen definiert, die zur beschriebenen Schnittmengenbildung herangezogen werden. In formaler Schreibweise ergibt sich dann $u \in M_1 = EG \cap GB \cap \ldots \cap SM$. Die Elemente dieser Menge sind Individuen, die nicht weiter gegliedert werden. Diese Mengen heißen daher „Mengen erster Stufe" (Görke, 1972).

Aus der Sicht der Mengenlehre liegt jedoch ein anderer Sachverhalt vor bei einer Menge, deren Elemente selbst Mengen sind.

Es wird die Menge *K* aller durch einfache Klassifizierungsnummern definierten Mengen gebildet. Die Lösungsmenge für die Bedingung, daß *s* einfache Klassifizierungsnummern erfüllt sind, ergibt sich wiederum durch eine Schnittmengenbildung. Man erhält $u \in K_1 = K \cap M_1 \cap M_2 \cap \ldots \cap M_s$. In der eingeführten vereinfachten Schreibweise ergibt sich für den Fall, daß *s* Hauptmerkmale (= *s* verschiedene einfache Klassifizierungsnummern) erfüllt werden sollen, $u \in K_1 = m_1 \circ m_2 \circ \ldots \circ m_s$.

Je nach Art der Suchaufgabe kann die Abfrage der Hauptmerkmale m_1 bis m_s ($s = 1, 2, \ldots, 9$) einzeln oder in beliebigen Kombinationen erfolgen.

Diese Mengen $M_1, M_2, \ldots, M_s$, die durch mindestens eine einfache Klassifizierungsnummer definiert sind, stellen Mengen erster Stufe dar. Die mit diesen Mengen als Elementen gebildeten Mengen K_1 heißen daher „Mengen zweiter Stufe" (Görke, 1972). Das Klassifizierungssystem kann also in mengentheoretischer Interpretation durch Mengen erster und zweiter Stufe beschrieben werden.

6. *Suchfragen*

Die Suchfragen lassen sich nach der Darstellung in Abschnitt 4 in zwei Gruppen einteilen.

Nach Bild 7 können entsprechend den geforderten Hauptmerkmalen sowohl einzelne als auch gleichzeitig mehrere Klassifizierungsnummern – vollständig oder je nach dem Informationsbedarf im Rahmen der entwickelten Programmtechnik – vorgegeben werden. Wahlweise kann auf die Vorgabe der Benennung eines Klassifizierungsobjektes

EINGABE

1. Einfache Klassifizierungs – Nummer (= 1 Hauptmerkmal)
$EG \circ GB \circ \underset{XX}{BN} \circ HK \circ HM \circ SM_r \circ \underset{XXXX}{SM_v}$ mit $SM = \{SM_r, SM_v\}$

Suchfragen:

1.1 Einfache vollständige Klass.-Nr.
1.2 Wie (1.1), jedoch ohne Vorgabe von BN;
für BN : $X = 0$.
1.3 Wie (1.1), jedoch mit Variation von SM_v;
für SM_v : einzeln, in beliebiger Kombination oder in allen Datenstellen $X = 0, i$; $X \leq i$; $X \geq i$; $i \leq X \leq j$ ($i, j = 1, 2, \ldots, 9$).
1.4 Wie (1.1), jedoch ohne Vorgabe von BN und mit Variation von SM_v;
für BN : wie (1.2),
für SM_v : wie (1.3).

2. Mehrere Klassifizierungs – Nummern (= mehrere Hauptmerkmale)
$(EG \circ GB \circ \underset{XX}{BN} \circ HK_1 \circ HM_1 \circ SM_{r1} \circ \underset{XXXX}{SM_{v1}}) \circ$
$(EG \circ GB \circ \underset{XX}{BN} \circ HK_m \circ HM_m \circ SM_{rm} \circ \underset{XXXX}{SM_{vm}}) \circ$
$(EG \circ GB \circ \underset{XX}{BN} \circ HK_n \circ HM_n \circ SM_{rn} \circ \underset{XXXX}{SM_{vn}}) \circ$
(...

Suchfragen:

2.1 Mehrere Klass.-Nrn. mit oder ohne Vorgaben für BN;
für BN : $X = 0, i$ ($i = 1, 2, \ldots, 9$).
2.2 wie (2.1), jedoch die erste Klass.-Nr. nur mit SM_v;
für SM_{v1} : $X = 0$.
2.3 wie (2.1), jedoch Variation von SM_{vm}, SM_{vn};
für BN : wie (2.1),
für SM_v : wie (1.3).

AUSGABE

I Klass.-Nrn. der Eingabe (mit Zähl.-Nr. und Schlüssel-Nr. für die Benennung).
II Zugehörige Identifizierungsnummern.
III Alle den ausgegebenen Ident.-Nummern jeweils zugeordneten verketteten Klassifizierungsnummern.

Bild 7: Eingegebene Suchfragen und Informationsausgabe

verzichtet werden (Suchfragen 1.1, 1.4; 2.1, 2.2, 2.3). Sind bestimmte Sachmerkmale für die gestellte Aufgabe ohne Bedeutung, so können sie in den dafür vorgesehenen Datenstellen durch Belegung mit „0" ebenfalls als Suchkriterien eleminiert werden (Suchfragen 1.3, 1.4, 2.2, 2.3). Ferner besteht die Möglichkeit, „benachbarte" Lösungen zu suchen, bei denen bestimmte Merkmale einem anderen Klassifizierungsbereich angehören; alternativ können in bestimmten Datenstellen Grenzwerte (z.B. für abzählbare oder meßbare Qualitätsmerkmale) vorgegeben werden (Suchfragen 1.3, 1.4, 2.3).

Zur programmtechnischen Realisierung dieser Informationsrückgewinnung ist eine geeignete Gestaltung der Datenfelder in den Formblättern erforderlich.

Bild 7 zeigt, daß für alle Suchfragen jeweils eine vollständige Information über die zu den gesuchten Klassifizierungsobjekten gespeicherten Daten gewonnen wird.

Schrifttum

Focken, H.G.: Aufbau unternehmensspezifischer Informationssysteme für den Entwicklungsbereich. Dissertation TH Aachen 1975

Focken, H.G.: Verkettete Klassifizierungsnummern zur Informationsaufbereitung und -rückgewinnung in Informationssystemen für den Entwicklungsbereich. In Zeitschrift für Wirtschaftliche Fertigung (1976) Nr. 6, S. 255–259

Focken, H.G.: Flexible Informationssysteme für das Technische Büro in der Feinwerktechnik und im Maschinenbau. tb-report 9 (1977) Nr. 1, S. 26–28

Focken, H.G.: Systemtechnik – Einführung in Zielsetzung, Methoden und Einsatzgebiete. Zeitschrift für Wirtschaftliche Fertigung ZwF 72 (1977) Nr. 11, S. 4 - 9

Görke, L.: Mengen, Relationen, Funktionen, 3. Auflage, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt/Zürich 1972

Halmos, R.R.: Naive Mengenlehre. 3. Auflage, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1972

Hildebrandt, F.: Leitfaden zur Vorlesung Systemtechnik WS 1972/73. TH Aachen 1973

Kaufmann, A.: Einführung in die Graphentheorie (Reihe Orientierung und Entscheidung). Verlag R. Oldenbourg, München/Wien 1971

Ropohl, G.: Systemtechnik als umfassende Anwendung kybernetischen Denkens in der Technik. In Werkstattstechnik 60 (1970) Nr. 8 (S. 452–456) und Nr. 9 (S. 542–545)

Waldvogel, H.: Analyse des systematischen Aufbaus von konstruktiven Funktionsgruppen und ihr mengentheoretisches Analogen. Dissertation TU Stuttgart 1969

Eingegangen am 18. März 1977

Anschrift des Verfassers:

Dr. Heinz Günther Focken, Schillerstr. 57, D-4780 Lippstadt

Eine vergleichende Darstellung der Erlernbarkeit von Sprachen

von Gerhard KALCKHOFF, München

1. *Bedeutung des Vergleichs der Erlernbarkeit von Sprachen*

Das Erlernen einer Sprache kostet viel Zeit. Wenn man mehr als zwei nationale Sprachen in Wort und Schrift beherrschen will, wird der Zeitaufwand bereits so groß, daß dieser kaum in einem vertretbaren Verhältnis zum Nutzen steht. Aus diesem Grunde muß man, sofern es auf *volle* Sprachbeherrschung (Kompetenz) ankommt, in der Praxis meist auf die direkte Verständigung mit Anderssprachigen verzichten und die Hilfe von Dolmetschern in Anspruch nehmen.

Je intensiver die internationale Kommunikation wird, desto mehr Übersetzer braucht man, und desto mehr wachsen die Kosten für die Sprachdienste. Diese beliefen sich bei den Vereinten Nationen im Jahre 1976 auf bereits über 250 Millionen Schweizer Franken. Daher stellt sich die Forderung, in den Schulen neben der Muttersprache eine Zweitsprache zu lehren, die in der ganzen Welt verstanden wird. Für welche Sprache man sich dabei entscheidet, wird maßgebend durch die weitere Forderung bestimmt, daß eine genügend vollkommene Sprachbeherrschung in einer möglichst kurzen Zeit erreicht wird, d.h. daß die Sprache leicht erlernbar sein muß. Man muß also die vorhandenen Sprachen auf ihre Erlernbarkeit prüfen, miteinander vergleichen und die günstigste als Zweitsprache auswählen.

Wegen der Bedeutung, die dieser Aufgabe beizumessen ist, sind in der letzten Zeit sowohl theoretische Untersuchungen (Frank, 1975) als auch Messungen des Informationsgehalts einiger Sprachen (Frank/Szerdahelyi, 1976) durchgeführt worden. Dabei wurde der Erfolg des Sprachunterrichts in Schulklassen aus verschiedenen Sprachregionen festgestellt. Die Ergebnisse werden im folgenden in einer vergleichenden Darstellung weiter ausgewertet.

2. *Theoretische Vorbemerkungen*

Unter der Erlernbarkeit einer Sprache (bzw. der für einen bestimmten Zweck benötigten Teile dieser Sprache), deren Informationsgehalt I sich in bit angeben läßt, versteht man die Erreichbarkeit einer Sprachbeherrschung oder eines Kompetenzgrades p (in Prozent von I) während einer Lernzeit t, wenn der Lernende über eine Vorkenntnis p_0 (in Prozent von I) verfügt und ein bestimmtes Alter A hat.

Die während der Lernzeit tatsächlich gelernte Information ist nur ein Teil der während dieser Zeit unter *optimalen* Bedingungen lernbaren Information. Das bedeutet, daß man nur mit einem bestimmten Wirkungsgrad η des Unterrichts rechnen kann.

Den Lernstoff kann man sich aus einzelnen Lernelementen aufgebaut denken, die bei einem einmaligen Anlaß nur mit einer gewissen (mittleren) Wahrscheinlichkeit a gelernt werden, so daß sich jedes Element erst nach n Anlässen im Gedächtnis befindet. Der Kompetenzgrad ist also bestimmt durch die Beziehung:

(1) $$p(n) = 1-(1-p_o)(1-a)^n, \quad n \geqslant 0$$

Der Differentialquotient $\frac{dp}{dt}$ des Kompetenzgrades nach der Zeit ist zu Beginn des Lernprozesses ($t = 0$) proportional der Lerngeschwindigkeit C. Mit wachsender Lernzeit nähert sich p asymptotisch seinem Grenzwert 1 gemäß der von Frank (1975; 1976b) aus (1) abgeleiteten Formel:

(2) $$p = 1-(1-p_o)\, e^{-\frac{\eta C}{I}\cdot t}$$

Für die Lerngeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Alter A gibt Frank (1976b) die aus Arbeiten von Riedel (1967) ermittelte, bis etwa 17 Jahre gültige Näherungsformel

(3) $$\frac{C}{\text{bit/sec}} \approx 0{,}041\ A/\text{Jahre}$$

an. Daraus erhält man:
C = 0,33 bit/sec für A = 8 Jahre
C = 0,7 bit/sec für A = 17 Jahre

Der Wert C = 0,7 bit/sec bleibt bis zu einem Alter von 21 Jahren etwa konstant. Danach nimmt er etwa linear ab und erreicht etwa 0,3 bit/sec bei etwa 70 Jahren.

Aus Vergleichsuntersuchungen ermittelte Frank (1975):
η = 0,38 für den traditionellen Klassenunterricht,
η = 0,57 für einen halb traditionellen, halb audiovisuellen Klassenunterricht

3. *Messungen des Informationsgehaltes*

3.1 *Vergleichsmessungen bei verschiedenen Sprachen*

Messungen der Sprachkompetenz führte das Institut für allgemeine und angewandte Sprachwissenschaft und Interlinguistik der Universität Budapest unter der Leitung von Prof. Dr. Istvan Szerdahelyi durch (H. Frank/I. Szerdahelyi, 1976). Es wurde ein

Sprachunterricht in verschiedenen Sprachen in fünf Ländern erteilt. Einige Schulklassen aus dem slovenischen, kroatischen und ungarischen Sprachbereich lernten die Fremdsprachen Deutsch, Englisch, Italienisch oder Russisch. Wieder andere Klassen mit Schülern bulgarischer, italienischer, slovenischer und ungarischer Muttersprache lernten die internationale Sprache Esperanto. Bestimmt wurde der Prozentsatz p der fehlerfreien Sätze bei der schriftlichen Beschreibung einfacher Bilder. Die Lernzeit t schwankte zwischen 52 und 100 Schulstunden zu 2700 sec, das Durchschnittsalter A der Schüler zwischen 9 und 14 Jahren.

Aus den Werten von p und t läßt sich der Informationsgehalt I mit den in Abschnitt 2 angegebenen Werten für C und η aus (2) leicht ermitteln. Dabei ergaben sich in den verschiedenen Klassen bei Esperanto unterschiedliche Werte für I, wenn man die Vorkenntnisse, die nicht gemessen worden waren, zunächst gleich Null setzt. Wenn man annimmt, daß nur diejenige Klasse die Vorkenntnis Null hatte, bei der der größte Wert des Informationsgehaltes errechnet wurde, dann kann man in einer weiteren Rechnung mit Hilfe dieses Wertes auch die Vorkenntnis der anderen Klassen ermitteln. Bei dieser Rechnung stellte sich z.B. heraus, daß die italienischen Schüler, obwohl sie die jüngsten waren, über eine Vorkenntnis von etwa 13% verfügten, was zweifellos auf den romanischen Anteil im Wortschatz von Esperanto zurückzuführen ist.

Auf diese Weise erhielt Frank (1976a) für Esperanto als untere Schranke den Wert I^u = 34 400 bit, für Deutsch und Englisch einen um den Faktor 4 und für Italienisch und Russisch einen um den Faktor 3,4 höheren Wert. Eine obere Schranke I^o ist gegeben, wenn die Lernzeit hinreichend klein gesetzt wird. Dann gilt mit $p_o = 0$ die Näherungsformel

(4) $$I \approx I^o = \frac{\eta \cdot C \cdot t}{p}$$

Damit errechnete Frank für Esperanto als obere Schranke $I^o \approx$ 50 000 bit.

Bei diesen Versuchen ist nicht zu erwarten, daß der *ganze* Informationsgehalt der jeweiligen Sprache erfaßt wurde, sondern nur der Teil, der für die Bewältigung des gewählten Aufgabentyps ausreichte. Jedoch kann als gesichert gelten, daß der Informationsgehalt der nationalen Sprachen mindestens um den Faktor 4 bzw. 3,4 größer ist als der der internationalen Sprache Esperanto.

3.2 *Messung der im Wortschatz enthaltenen Information*

Der *ganze* Informationsgehalt I einer Sprache setzt sich nach Frank (1975 und 1976b) aus drei Summanden zusammen:

(5) $$I = I(\text{Wortschatz}) + I(\text{Grammatik}) + I(\text{Phonetik und Orthographie})$$

Für I (Wortschatz) im Esperanto ermittelte Brigitte S. Meder (1977) in Versuchen mit 8- bis 10jährigen deutschsprachigen Grundschülern nach dem Weltner-Rateverfahren (Weltner, 1970): I (Wortschatz) = 31 000 bit, was gegenüber den von Frank (1975 bzw. 1976b) geschätzten oberen Schranken – 60 000 bit bzw. 56 000 bit – eine beachtliche Präzisierung darstellt.

Der Informationsgehalt der Grammatik (Morphologie und Syntax) von Esperanto wurde von Frank (1976b) zu I(Grammatik) = 14 000 bit geschätzt. Ferner gilt I(Phonetik/Orthographie) = 0 wegen der lautgetreuen Schreibweise. Nach (5) ist also I(Esperanto) = 45 000 bit. Dieser Wert liegt tatsächlich unterhalb der oberen Schranke I^o = 50 000 bit, aber oberhalb der unteren Schranke I^u = 34 000 bit (vgl. 3.1). Multipliziert man ihn mit den in 3.1 angegebenen Schwierigkeitsfaktoren 4 bzw. 3,4, erhält man:
I(Deutsch) = I(Englisch) = 180 000 bit
I(Italienisch) = I(Russisch) = 153 000 bit.

4. *Rechnerische Ergebnisse und Schlußfolgerung*

Mit (2) und den in Abschnitt 3 zusammengestellten Werten von I wurde der Kompetenzgrad p (prozentuale Sprachbeherrschung) als Funktion der Lernzeit t ermittelt.

Bild 1 zeigt drei Kurven für 8jährige Schüler, und zwar je eine für Deutsch oder Englisch, Italienisch oder Russisch und Esperanto. Der Kompetenzgrad wurde auf der Ordinate, die Lernzeit in Jahren zu je 120 Lernstunden auf der Abszisse aufgetragen. Es wurde eine Vorkenntnis p_o = 0 vorausgesetzt. Das bedeutet, daß die Kurven für den Fall gelten, daß die zu lernende Sprache mit der Muttersprache des Schülers nicht verwandt ist.

In Bild 2 wird der berechnete Verlauf des Kompetenzgrades bei 17jährigen Schülern für die deutsche oder englische Sprache und für Esperanto dargestellt. Auch dieser Darstellung wurde bei zwei Kurven die Vorkenntnis p_o = 0 zugrunde gelegt. Für Esperanto wurde noch eine Kurve mit p_o = 0,5 eingezeichnet, weil man eine solche Vorkenntnis bei Studenten mit romanischer oder germanischer Muttersprache und dem vorausgegangenen schulüblichen Fremdsprachunterricht voraussetzen kann.

Aus diesen Darstellungen wird offenkundig, daß Esperanto in der leichten Erlernbarkeit den Nationalsprachen Englisch, Deutsch, Italienisch und Russisch weit überlegen ist. Dies trifft in noch viel höherem Maße zu, wenn man berücksichtigt, daß die Schwierigkeitsfaktoren 3,4 bzw. 4 nach Frank (1977) nur für die Stufe der Sprachbeherrschung gilt, die in den Klassen des 5-Länder-Versuchs von Szerdahelyi angestrebt wurde, während für höhere Stufen mit wesentlich größeren Faktoren gerechnet werden muß.

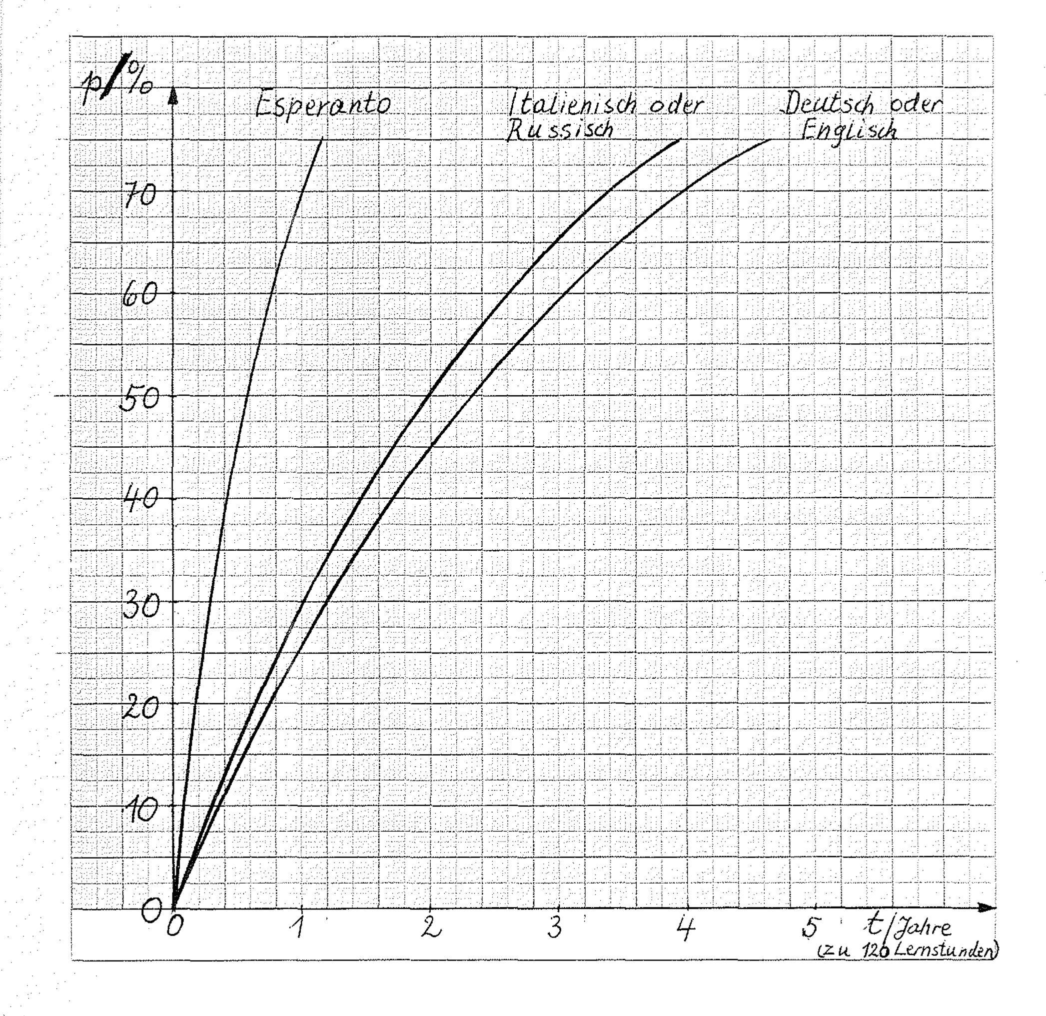


Bild 1: Prozentuale Sprachbeherrschung im Vergleich zwischen Deutsch oder Englisch, Italienisch oder Russisch und Esperanto bei *8jährigen Schülern* ohne Vorkenntnis

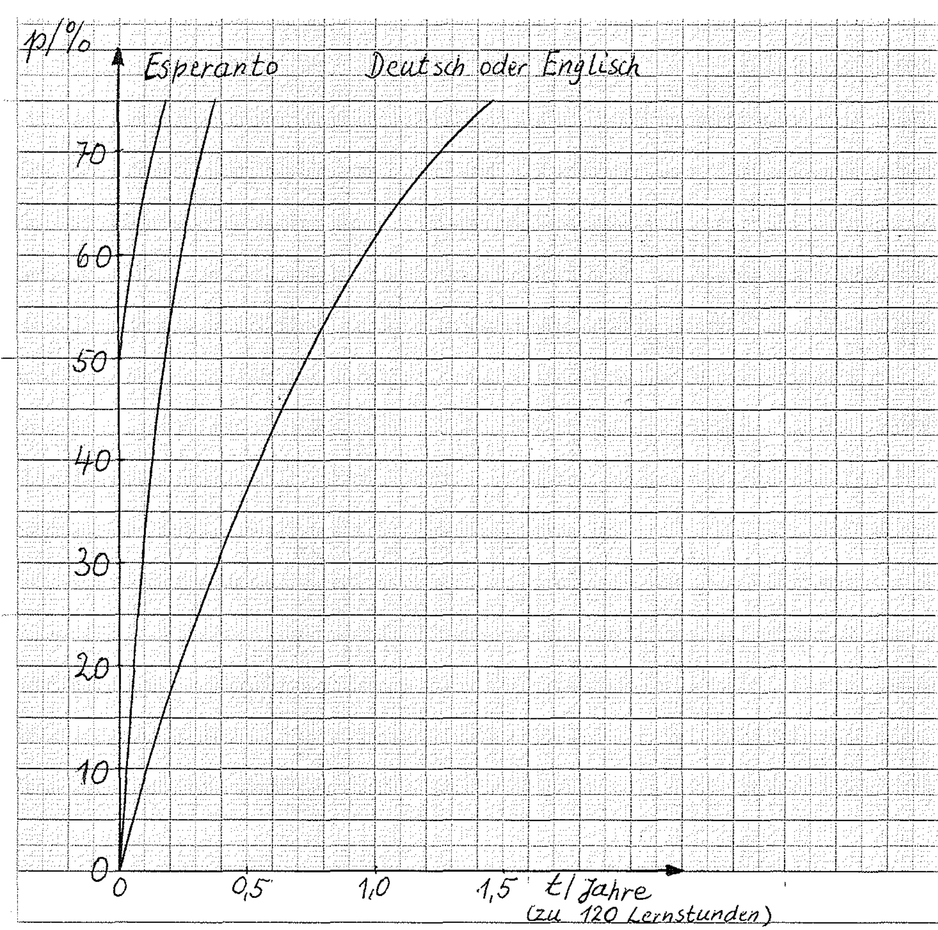


Bild 2: Prozentuale Sprachbeherrschung im Vergleich zwischen Deutsch oder Englisch und Esperanto bei *17jährigen Schülern* ohne Vorkenntnis bzw. Esperanto mit Vorkenntnis

Schrifttum

Frank, Helmar (1975): Lehr-Wirkungsgrad und Lernzeit. GrKG 16/4, S. 113–120

Frank, Helmar (1976a): Zur relativen Lernleichtigkeit einiger Sprachen. GrKG 17/4, S. 120–124

Frank, Helmar (1976b): Mallonga enkonduko en la kibernetikan pedagogion. In Behrmann/Stimec (Hrsg.), Bildung und Berechnung. Verlag difo-Druck, Bamberg, S. 9–55

Frank, Helmar (1977): Die Meßmöglichkeit der relativen Schwierigkeit von Fremdsprachen. In: Lobin und Bink (Hrsg.) Kybernetik und Bildung III, Schöningh, Paderborn und Schroedel, Hannover, 1977, S. 14–25

Frank, Helmar/Szerdahelyi, Istvan (1976): Zur pädagogischen Bestimmung relativer Schwierigkeiten verschiedener Sprachen. GrKG 17/2, S. 39/44

Meder, Brigitte S. (1977): Zur Informationsbestimmung sprachlicher Lehrstoffe. GrKG 18/3, S. 73–78

Riedel, Harald (1967): Psychostruktur, Schnelle, Quickborn, 1967

Weltner, Klaus: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft, Schnelle, Quickborn, 1970

Multilinguale Autorensprachen – oder das verständliche Programmieren

von E.H. EICHMANN, Frankfurt am Main und P.TENCZAR, Urbana, USA

Problemstellung

Wenn eine Autorensprache nicht zu einer Geheimsprache von einigen Programmierern werden soll, sondern wenn auch (oder vor allem) die (Fach-)Lehrer ihre Lektionen selber „schreiben" sollen, dann muß diese Autorensprache schnell zu erlernen und einfach zu handhaben sein.

Zum schnellen Erlernen und einfachen Handhaben gehört unbedingt, daß die Sprache dem Benutzer in dessen Muttersprache (oder einer anderen Sprache seiner Wahl) zur Verfügung steht. Darüberhinaus sollte das CUU-System in der Lage sein, die Kommandos (Befehle) bereits codierter Lektionen in eine andere Sprache zu übersetzen. Dadurch wird dieser Code einem anderssprachigen Autor leichter verständlich.

Am CUU-System PLATO und dessen Autorensprache TUTOR soll erläutert werden, wie darauf verzichtet werden kann, eine bevorzugte Sprache (z.B. Englisch) als Grundlage für die Befehle der Autorensprache zu verwenden.

1. *Wer soll Teachware schreiben?*

Auf diese Frage gibt es noch keine eindeutige Antwort, denn es bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an, eine Lektion in einem bestimmten Fach zu „schreiben":

a) der Lehrer des entsprechenden Fachs (der „Fachmann") plant – wobei er auch die Lehrstrategien auswählt –, verfaßt und codiert seine Lektionen selbst

und

b) eine Gruppe, bestehend aus einem Spezialisten des entsprechenden Fachs, einem Instruktur und einem Programmierer plant, verfaßt und codiert eine Lektion.

Beim PLATO-System (vgl. Eichmann, 1973) hat man bisher fast nur Erfahrungen mit der Möglichkeit (a) sammeln können. Dieses System an der Universität von Illinois, Urbana, enthält zwischen 10 000 Lektionen, etwa 5000 davon sind abgeschlossen und schon voll in den Lehrbetrieb übernommen. Der Umfang einer Lektion reicht von ca. 15 min. bis zu mehreren Stunden. Im Durchschnitt kann man 1 Lektion = 1 Std. setzen. Für das gesamte System wurden im Jahre 1976 mehr als $1{,}2 \cdot 10^6$ Anschlußstunden verzeichnet.

Alle Lektionen wurden mit wenigen Ausnahmen von den Fachleuten selbst geschrieben. Die Zeit für das Erstellen einer PLATO-Lektion reicht von 10 Stunden für eine

Stunde präsentierten Materials bis zu 120 Stunden für eine Stunde (Smith, Schreiner, Montanell).

PLATO wurde von D. Bitzer und seiner Gruppe so konzipiert, daß nur der Lehrer (Lehrstoffautor) für den gesamten Vorgang des Teachwareentwickelns, -schreibens, -implementierens und -testens verantwortlich ist.

Da zwischen Lehrer und Schüler keine weiteren Personen stehen, wird eine engere Lehrer-Schüler-Beziehung aufgebaut, was für manche Fächer, Schulen und Altersgruppen besonders wichtig ist.

Das bedeutet natürlich nicht, daß die oben genannte zweite Möglichkeit nicht auch Vorteile hat. Die Teamarbeit kann z.B. bei der Erstellung von speziellen Kursen in der Erwachsenenbildung von Vorteil sein. Sobald Erfahrungen im größeren Rahmen vorliegen, werde ich darüber berichten.

2. *Die Autorensprache TUTOR*

Da aus den Lehrern keine Programmierer und Computerspezialisten gemacht werden sollen, wurde für PLATO die Autorensprache TUTOR (vgl. Sherwood, 1974) entwickelt. TUTOR verlangt keinerlei Programmier- oder Cumputer-Praxis, garantiert aber trotzdem die volle Ausnutzung der Möglichkeiten des Rechners. TUTOR ist also nicht die Geheimsprache einiger Programmierer, was bei Teamarbeit auch für den Spezialisten und Lehrer von Vorteil ist.

Die einzelnen Kommandos sind schnell und leicht zu erlernen, da sie sehr anschaulich sind und speziell für den Einsatz im CUU entwickelt wurden. So enthält die Sprache z.B. eine Reihe von Antwortanalyse Kommandos, die es dem Autor erlauben, auf verschiedene Antworten (oder Klassen von Antworten) verschieden zu reagieren oder die gemachten Fehler individuell nach Schüler und Fehlertyp zu beurteilen.

TUTOR ist eine offen angelegte interpretative Sprache, die im Augenblick etwa 300 Kommandos und reservierte Worte für Systemvariable enthält. Von Zeit zu Zeit erweist es sich als sinnvoll, neue Kommandos oder Systemvariable einzuführen. So wurden z.B. zur Verwirklichung bestimmter Lehrstrategien neue Verzweigungskommandos eingeführt.

3. *Nur „englische" Kommandos?*

Ein Autor kann nur dann optimal programmieren, wenn er alle Befehle kennt und versteht; dies ist umso einfacher, wenn die Befehle aus seiner Muttersprache stammen.

Es besteht daher jetzt die Möglichkeit in TUTOR, die Kommandosprachen (Englisch, Deutsch, Russisch, ...) zu definieren und dann die Lektionen in dieser Sprache zu „schreiben". Da die Kommandos jeweils in separaten Dateien gespeichert werden, können ohne großen Aufwand weitere Sprachen hinzugefügt werden.

Innerhalb einer Lektion kann von einem Kommandosatz (z.B. Deutsch) in einen anderen (z.B. Englisch) gewechselt werden. Dies ist z.B. sinnvoll, wenn ein Autor Lektionen oder Teile von Lektionen von anderen Autoren übernimmt. Außerdem hat ein Autor die Möglichkeit, sich den Code von Programmen (Lektionen) während des Editierens automatisch in jede andere Sprache übersetzen zu lassen, was vorteilhaft ist bei der Benutzung von Bibliotheksroutinen, die im Moment noch ausnahmslos in Englisch „geschrieben" worden sind. Ein Autor kann sich zum besseren Verständnis diese Routinen in seiner Sprache ansehen und benutzen.

Ebenso ist es eine Hilfe für den „on-line-Consultant" (ein Autor hat die Möglichkeit, bei Problemen während des Editierens und Codierens einen Consultant vom Terminal aus um Rat zu fragen. Diese Berater befinden sich in den meisten Fällen im PLATO-Service Zentrum), da man nicht erwarten kann, daß die „Consultants" im PLATO Rechenzentrum alle Sprachen sprechen.

Der PLATO-Editor fügt beim Übersetzen des Codes einen Befehl hinzu, der dem System sagt, welche Sprache (Kommandosatz) verwendet wird, so daß auch die übersetzte Version sofort ausführbar ist.

Bild 1 und 2 zeigen das gleiche Programm einmal in Englisch (Bild 1) und einmal in Deutsch (Bild 2) „kodiert". Man erkennt auf Bild 2 die vom Editor hinzugefügte Zeile (Zeile Nr. 1).

```
     BLOCK 4-f - tage                    SPACE = 129
 1  define  fehler=n100
 2  calc    fehler⇐0
 3  *
 4  unit    day1
 5  at      514
 6  size    2
 7  write   The Days of the Week
 8  size    0
 9  inhibit erase
10  *
11  unit    daycnt
12  at      1005
13  write   How many days has a week?
14  arrow   1205
15  specs
16  calcs   anscnt,fehler⇐fehler+1,0,fehler,fehler+1
17  at      1405
18  writec  anscnt;only days of one week; please;THAT IS CORR
19          ;don't count only the Sunday;
20          do you live only on weekends?;
21          do you really know what DAY means?;
22          that's not enough;
23          fortunately the week has not only work-days;
24          the work was done, and then? (cp.Genesis);
25  answer  7
26  at      1505
27  writec  fehler;;;but you made ⟨s,fehler⟩ mistakes
28  wrong   1
29  wrong   2
30  wrong   3
31  wrong   4
```

Bild 1

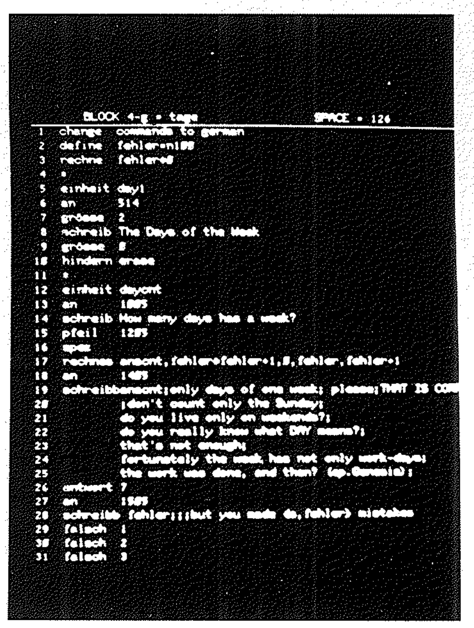


Bild 2

Dem Autor stehen während des Editierens neben dem „on-line-consulting" noch weitere Hilfen zur Verfügung. So kann er z.B. Erklärungen und Beispiele zu jedem Kommando anfordern. Die Erklärungen werden ihm auch gegeben, wenn er nur Informationen über ein deutsches oder russisches Kommando verlangt. Im Moment werden diese Erläuterungen noch in Englisch gegeben, da aus Zeitgründen die Hilfe-Lektion „Aids" noch nicht übersetzt werden konnte (immerhin entspricht der Umfang von „Aids" etwa 5000 vollgedruckten DIN-A 4 Seiten).

Schrifttum

Eichmann, E.H.: „PLATO". In: „Computerunterstützter Unterricht in Schule, Betrieb und Universität — Ziele, Erfahrungen, Möglichkeiten". Bericht über das CUU-Kolloquium 1973. Vulkan-Verlag, Essen.

Montanell, A.: private Mitteilung

Schreiner, A.: private Mitteilung

Sherwood, B.A.: „The TUTOR Language", Urbana, 1974. Control Data: „PLATO Author Language". Reference Manual Publication Nr. 97 405 100

Smith, S.: private Mitteilung

Eingegangen am 22. Dezember 1977

Anschriften der Verfasser:

E.H. Eichmann, Control Data GmbH, 6000 Frankfurt/Main

P. Tenczar, CERL, University of Illinois, Urbana, USA

Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten, für die Aufnahme in die internationale Knapptextbeilage „Homo kaj Informo" eine knappe, aber die wichtigsten neuen Ergebnisse des Beitrags für Fachleute verständlich wiedergebende Zusammenfassung (Umfang maximal 200 Wörter) in internationaler, notfalls deutscher Sprache beizufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit soll angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden. Im übrigen wird auf die „Mindestgütekriterien für kybernetisch-pädagogische Originalarbeiten in deutscher Sprache" (abgedruckt u. a. in „Kybernetik und Bildung I", Verlagsgemeinschaft Schroedel/Schöningh, Hannover und Paderborn 1975) verwiesen, die von Schriftleitung und Herausgebern der Beurteilung der eingereichten Manuskripte sinngemäß zugrundegelegt werden.